

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2001年 7月19日

出 願 番 号

Application Number:

特願2001-219632

出 願 人

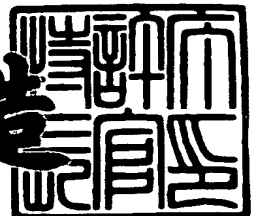
Applicant(s):

シャープ株式会社

2001年 8月10日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3072016

【書類名】 特許願

【整理番号】 01J02663

【提出日】 平成13年 7月19日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G02F 1/133

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号 シャープ株式会社内

【氏名】 久保 真澄

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号 シャープ株式会社内

【氏名】 山本 明弘

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号 シャープ株式会社内

【氏名】 前川 和広

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号 シャープ株式会社内

【氏名】 越智 貴志

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号 シャープ株式会社内

【氏名】 山口 哲弘

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号 シャープ株式会社内

【氏名】 山田 直

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区长池町 2 2 番 2 2 号 シャープ株式会社内

【氏名】 森下 克彦

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区长池町 2 2 番 2 2 号 シャープ株式会社内

【氏名】 荻島 清志

【特許出願人】

【識別番号】 000005049

【氏名又は名称】 シャープ株式会社

【代理人】

【識別番号】 100077931

【弁理士】

【氏名又は名称】 前田 弘

【選任した代理人】

【識別番号】 100094134

【弁理士】

【氏名又は名称】 小山 廣毅

【選任した代理人】

【識別番号】 100113262

【弁理士】

【氏名又は名称】 竹内 祐二

【選任した代理人】

【識別番号】 100115510

【弁理士】

【氏名又は名称】 手島 勝

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 特願2000-244648

【出願日】 平成12年 8月11日

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 特願2001-131142

【出願日】 平成13年 4月27日

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 特願2001-155928

【出願日】 平成13年 5月24日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 014409

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0106385

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 液晶表示装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 第 1 基板と、第 2 基板と、前記第 1 基板と前記第 2 基板との間に設けられた液晶層とを有し、

前記第 1 基板の前記液晶層側に設けられた第 1 電極と、前記第 2 基板に設けられ前記第 1 電極に前記液晶層を介して対向する第 2 電極とによって、それぞれが規定される複数の絵素領域を有し、

前記複数の絵素領域のそれぞれにおいて、前記第 1 電極は、複数の開口部と中実部とを有し、前記液晶層は、前記第 1 電極と前記第 2 電極との間に電圧が印加されていないときに垂直配向状態をとり、且つ、前記第 1 電極と前記第 2 電極との間に電圧が印加されたときに、前記第 1 電極の前記複数の開口部のエッジ部に生成される斜め電界によって、前記複数の開口部および前記中実部に、それぞれが放射状傾斜配向状態をとる複数の液晶ドメインを形成し、印加された電圧に応じて前記複数の液晶ドメインの配向状態が変化することによって表示を行う、液晶表示装置。

【請求項 2】 前記複数の開口部の少なくとも一部の開口部は、実質的に、等しい形状で等しい大きさを有し、回転対称性を有するように配置された少なくとも 1 つの単位格子を形成する、請求項 1 に記載の液晶表示装置。

【請求項 3】 前記複数の開口部の前記少なくとも一部の開口部のそれぞれの形状は、回転対称性を有する、請求項 2 に記載の液晶表示装置。

【請求項 4】 前記複数の開口部の前記少なくとも一部の開口部のそれぞれの形状は略円形である請求項 2 または 3 に記載の液晶表示装置。

【請求項 5】 前記少なくとも一部の開口部に包囲された前記中実部の領域のそれぞれの形状は略円形である請求項 2 または 3 に記載の液晶表示装置。

【請求項 6】 前記少なくとも一部の開口部に包囲された前記中実部の領域のそれぞれの形状は、角部が略円弧状の略矩形である請求項 2 または 3 に記載の液晶表示装置。

【請求項 7】 前記複数の絵素領域のそれぞれにおいて、前記第 1 電極の前

記複数の開口部の面積の合計は、前記第 1 電極の前記中実部の面積より小さい、請求項 1 から 6 のいずれかに記載の液晶表示装置。

【請求項 8】 前記複数の開口部のそれぞれの内側に凸部をさらに備え、前記凸部の前記基板の面内方向の断面形状は、前記複数の開口部の形状と同じであり、前記凸部の側面は、前記液晶層の液晶分子に対して、前記斜め電界による配向規制方向と同じ方向の配向規制力を有する、請求項 1 から 7 のいずれかに記載に液晶表示装置。

【請求項 9】 前記複数の液晶ドメインは、渦巻き状の放射状傾斜配向状態をとる請求項 1 から 8 のいずれかに記載の液晶表示装置。

【請求項 10】 前記第 1 基板および前記第 2 基板の外側に設けられ、偏光軸が互いに略直交するように配置された一对の偏光板をさらに有し、

前記複数の液晶ドメインのそれぞれにおいて、前記液晶層の液晶分子であって前記複数の液晶ドメインのそれぞれの中心に対して表示面 12 時方向に位置する液晶分子が表示面 12 時方向に対してなす角度を  $\theta$  とするとき、前記一对の偏光板の一方の偏光軸は、前記表示面 12 時方向に位置する液晶分子が表示面 12 時方向に対して傾斜している方向と同一の方向に、表示面 12 時方向に対して  $0^\circ$  を超え  $2\theta$  未満の角度で傾斜している、請求項 9 に記載の液晶表示装置。

【請求項 11】 前記一对の偏光板の前記一方の偏光軸は、 $0^\circ$  を超え  $\theta$  以下の角度で傾斜している、請求項 10 に記載の液晶表示装置。

【請求項 12】 前記一对の偏光板の前記一方の偏光軸は、 $\theta/2$  と略同一の角度で傾斜している、請求項 10 に記載の液晶表示装置。

【請求項 13】 前記一对の偏光板の前記一方の偏光軸は、 $\theta$  と略同一の角度で傾斜している、請求項 10 に記載の液晶表示装置。

【請求項 14】 前記中実部は、 $m$  行  $n$  列のマトリクス状に配列された複数の島状部と、それぞれが前記複数の島状部のうちの隣接する島状部を互いに電氣的に接続する複数の枝部とを有し、

前記複数の枝部は、 $(2mn - m - n)$  個よりも少ない個数の枝部である請求項 1 から 13 のいずれかに記載の液晶表示装置。

【請求項 15】 前記第 1 基板は、前記複数の絵素領域のそれぞれに対応し

て設けられたアクティブ素子をさらに有し、

前記第 1 電極は、前記複数の絵素領域毎に設けられ、前記アクティブ素子によってスイッチングされる絵素電極であり、前記第 2 電極は、前記複数の絵素電極に対向する少なくとも 1 つの対向電極である請求項 1 から 1 4 のいずれかに記載の液晶表示装置。

【請求項 1 6】 第 1 基板と、第 2 基板と、前記第 1 基板と前記第 2 基板との間に設けられた液晶層とを有し、

前記第 1 基板の前記液晶層側に設けられた第 1 電極と、前記第 2 基板に設けられ前記第 1 電極に前記液晶層を介して対向する第 2 電極とによって、それぞれが規定される複数の絵素領域を有し、

前記複数の絵素領域のそれぞれにおいて、前記液晶層は、前記第 1 電極と前記第 2 電極との間に電圧が印加されていないときに垂直配向状態をとり、前記第 1 電極は、前記複数の絵素領域のそれぞれの少なくとも角部に配置された複数の開口部と、中実部とを有する、液晶表示装置。

【請求項 1 7】 前記複数の開口部の少なくとも一部の開口部に包囲された前記中実部の領域の形状は、回転対称性を有する、請求項 1 6 に記載の液晶表示装置。

【請求項 1 8】 前記複数の開口部の少なくとも一部の開口部に包囲された前記中実部の領域は、略円形である請求項 1 6 または 1 7 に記載の液晶表示装置。

【請求項 1 9】 前記複数の開口部の少なくとも一部の開口部に包囲された前記中実部の領域は、角部が略円弧状の略矩形である請求項 1 6 または 1 7 に記載の液晶表示装置。

【請求項 2 0】 前記中実部は、 $m$  行  $n$  列のマトリクス状に配列された複数の島状部と、それぞれが前記複数の島状部のうちの隣接する島状部を互いに電氣的に接続する複数の枝部とを有し、

前記複数の枝部は、 $(2mn - m - n)$  個よりも少ない個数の枝部である請求項 1 6 から 1 9 のいずれかに記載の液晶表示装置。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】

本発明は、液晶表示装置に関し、特に、広視野角特性を有し、高表示品位の表示を行う液晶表示装置に関する。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

近年、パーソナルコンピュータのディスプレイや携帯情報端末機器の表示部に用いられる表示装置として、薄型軽量の液晶表示装置が利用されている。しかしながら、従来のツイストネマチック型（TN型）、スーパーツイストネマチック型（STN型）液晶表示装置は、視野角が狭いという欠点を有しており、それを解決するために様々な技術開発が行なわれている。

【 0 0 0 3 】

TN型やSTN型の液晶表示装置の視野角特性を改善するための代表的な技術として、光学補償板を付加する方式がある。他の方式として、基板の表面に対して水平方向の電界を液晶層に印加する横電界方式がある。この横電界方式の液晶表示装置は、近年量産化され、注目されている。また、他の技術としては、液晶材料として負の誘電率異方性を有するネマチック液晶材料を用い、配向膜として垂直配向膜を用いるDAP(deformation of vertical aligned phase)がある。これは、電圧制御複屈折(ECB:electrically controlled birefringence)方式の一つであり、液晶分子の複屈折性を利用して透過率を制御する。

【 0 0 0 4 】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、横電界方式は広視野角化技術として有効な方式の1つではあるものの、製造プロセスにおいて、通常のTN型に比べて生産マージンが著しく狭いため、安定な生産が困難であるという問題がある。これは、基板間のギャップむらや液晶分子の配向軸に対する偏光板の透過軸（偏光軸）方向のずれが、表示輝度やコントラスト比に大きく影響するためであり、これらを高精度に制御して、安定な生産を行なうためには、さらなる技術開発が必要である。

【 0 0 0 5 】



また、DAP方式の液晶表示装置で表示ムラの無い均一な表示を行なうためには、配向制御を行なう必要がある。配向制御の方法としては、配向膜の表面をラビングすることにより配向処理する方法がある。しかしながら、垂直配向膜にラビング処理を施すと、表示画像中にラビング筋が発生しやすく量産には適していない。

#### 【0006】

一方、ラビング処理を行わずに配向制御を行なう方法として、電極にスリット（開口部）を形成することによって、斜め電界を発生させ、その斜め電界によって液晶分子の配向方向を制御する方法も考案されている（例えば、特開平6-301036号公報および特開2000-47217号公報）。しかしながら、本願発明者が検討した結果、上記公報に開示されている方法では、電極の開口部に対応する液晶層の領域の配向状態が規定されておらず、液晶分子の配向の連続性が十分でなく、安定した配向状態を絵素の全体に亘って得ることが困難な結果、ざらついた表示となる。

#### 【0007】

本発明は、上記問題を解決するためになされたもので、広視野角特性を有し、表示品位の高い液晶表示装置を提供することを目的とする。

#### 【0008】

##### 【課題を解決するための手段】

本発明の液晶表示装置は、第1基板と、第2基板と、前記第1基板と前記第2基板との間に設けられた液晶層とを有し、前記第1基板の前記液晶層側に設けられた第1電極と、前記第2基板に設けられ前記第1電極に前記液晶層を介して対向する第2電極とによって、それぞれが規定される複数の絵素領域を有し、前記複数の絵素領域のそれぞれにおいて、前記第1電極は、複数の開口部と中実部とを有し、前記液晶層は、前記第1電極と前記第2電極との間に電圧が印加されていないときに垂直配向状態をとり、且つ、前記第1電極と前記第2電極との間に電圧が印加されたときに、前記第1電極の前記複数の開口部のエッジ部に生成される斜め電界によって、前記複数の開口部および前記中実部に、それぞれが放射状傾斜配向状態をとる複数の液晶ドメインを形成し、印加された電圧に応じて前

記複数の液晶ドメインの配向状態が変化することによって表示を行うように構成されており、そのことによって上記目的が達成される。

【 0 0 0 9 】

前記複数の開口部の少なくとも一部の開口部は、実質的に、等しい形状で等しい大きさを有し、回転対称性を有するように配置された少なくとも1つの単位格子を形成する構成を有していることが好ましい。

【 0 0 1 0 】

前記複数の開口部の前記少なくとも一部の開口部のそれぞれの形状は、回転対称性を有することが好ましい。

【 0 0 1 1 】

前記複数の開口部の前記少なくとも一部の開口部のそれぞれは略円形である構成としてもよい。

【 0 0 1 2 】

前記少なくとも一部の開口部に包囲された前記中実部の領域（単位中実部）のそれぞれは略円形である構成としてもよい。

【 0 0 1 3 】

前記少なくとも一部の開口部に包囲された前記中実部の領域（単位中実部）のそれぞれは、角部が略円弧状の略矩形である構成としてもよい。

【 0 0 1 4 】

前記複数の絵素領域のそれぞれにおいて、前記第1電極の前記複数の開口部の面積の合計は、前記第1電極の前記中実部の面積より小さいように構成されることが好ましい。

【 0 0 1 5 】

前記複数の開口部のそれぞれの内側に凸部をさらに備え、前記凸部の前記基板の面内方向の断面形状は、前記複数の開口部の形状と同じであり、前記凸部の側面は、前記液晶層の液晶分子に対して、前記斜め電界による配向規制方向と同じ方向の配向規制力を有するように構成してもよい。

【 0 0 1 6 】

前記複数の液晶ドメインは、渦巻き状の放射状傾斜配向状態をとるように構成

されることが好ましい。

【0017】

前記第1基板および前記第2基板の外側に設けられ、偏光軸が互いに略直交するように配置された一对の偏光板をさらに有し、前記複数の液晶ドメインのそれぞれにおいて、前記液晶層の液晶分子であって前記複数の液晶ドメインのそれぞれの中心に対して表示面12時方向に位置する液晶分子が表示面12時方向に対してなす角度を $\theta$ とすると、前記一对の偏光板の一方の偏光軸は、前記表示面12時方向に位置する液晶分子が表示面12時方向に対して傾斜している方向と同一の方向に、表示面12時方向に対して $0^\circ$ を超え $2\theta$ 未満の角度で傾斜していることが好ましい。

【0018】

前記一对の偏光板の前記一方の偏光軸は、 $0^\circ$ を超え $\theta$ 以下の角度で傾斜していることがさらに好ましく、前記一对の偏光板の前記一方の偏光軸は、 $\theta/2$ と略同一の角度で傾斜しているように構成されてもよいし、 $\theta$ と略同一の角度で傾斜しているように構成されてもよい。

【0019】

前記中実部は、 $m$ 行 $n$ 列のマトリクス状に配列された複数の島状部と、それぞれが前記複数の島状部のうちの隣接する島状部を互いに電氣的に接続する複数の枝部とを有し、前記複数の枝部は、 $(2mn - m - n)$ 個よりも少ない個数の枝部であるように構成されてもよい。

【0020】

前記第1基板は、前記複数の絵素領域のそれぞれに対応して設けられたアクティブ素子をさらに有し、前記第1電極は、前記複数の絵素領域毎に設けられ、前記アクティブ素子によってスイッチングされる絵素電極であり、前記第2電極は、前記複数の絵素電極に対向する少なくとも1つの対向電極である構成を採用することができる。対向電極は、典型的には、表示領域全体に亘る単一の電極として形成される。

【0021】

本発明による他の液晶表示装置は、第1基板と、第2基板と、前記第1基板と

前記第 2 基板との間に設けられた液晶層とを有し、前記第 1 基板の前記液晶層側に設けられた第 1 電極と、前記第 2 基板に設けられ前記第 1 電極に前記液晶層を介して対向する第 2 電極とによって、それぞれが規定される複数の絵素領域を有し、前記複数の絵素領域のそれぞれにおいて、前記液晶層は、前記第 1 電極と前記第 2 電極との間に電圧が印加されていないときに垂直配向状態をとり、前記第 1 電極は、前記複数の絵素領域のそれぞれの少なくとも角部に配置された複数の開口部と、中実部とを有するように構成されており、そのことによって上記目的が達成される。

## 【 0 0 2 2 】

前記複数の開口部の少なくとも一部の開口部に包囲された前記中実部の領域の形状は、回転対称性を有することが好ましい。

## 【 0 0 2 3 】

前記複数の開口部の少なくとも一部の開口部に包囲された前記中実部の領域は略円形である構成としてもよい。

## 【 0 0 2 4 】

前記複数の開口部の少なくとも一部の開口部に包囲された前記中実部の領域は、角部が略円弧状の略矩形である構成としてもよい。

## 【 0 0 2 5 】

前記中実部は、 $m$  行  $n$  列のマトリクス状に配列された複数の島状部と、それぞれが前記複数の島状部のうちの隣接する島状部を互いに電氣的に接続する複数の枝部とを有し、前記複数の枝部は、 $(2mn - m - n)$  個よりも少ない個数の枝部であるように構成されてもよい。

## 【 0 0 2 6 】

以下、作用を説明する。

## 【 0 0 2 7 】

本発明の液晶表示装置においては、絵素領域の液晶層に電圧を印加する一対の電極の内的一方が複数の開口部（電極の内では導電膜が存在しない部分）と中実部（電極の内では開口部以外の部分、導電膜が存在する部分）とを有している。中実部は、典型的には、連続した導電膜から形成されている。液晶層は電圧無印加状

態において垂直配向状態をとり、且つ、電圧印加状態においては、電極の開口部のエッジ部に生成される斜め電界によって、放射状傾斜配向状態をとる複数の液晶ドメインを形成する。典型的には、液晶層は、負の誘電異方性を有する液晶材料からなり、その両側に設けられた垂直配向膜によって配向規制されている。

#### 【 0 0 2 8 】

この斜め電界によって形成される液晶ドメインは、電極の開口部および中実部に対応する領域に形成され、これらの液晶ドメインの配向状態が電圧に応じて変化することによって表示を行う。それぞれの液晶ドメインは軸対称配向をとるので、表示品位の視角依存性が小さく、広視角特性を有する。

#### 【 0 0 2 9 】

さらに、開口部に形成される液晶ドメインおよび中実部に形成される液晶ドメインは、開口部のエッジ部に生成される斜め電界によって形成されるので、これらは互いに隣接して交互に形成され、且つ、隣接する液晶ドメイン間の液晶分子の配向は本質的に連続である。従って、開口部に形成される液晶ドメインと中実部に形成される液晶ドメインとの間にはディスクリネーションラインは生成されず、それによる表示品位の低下もなく、液晶分子の配向の安定性も高い。

#### 【 0 0 3 0 】

本発明の液晶表示装置においては、電極の中実部に対応する領域だけでなく、開口部に対応する領域にも、液晶分子が放射状傾斜配向をとるので、上述した従来の液晶表示装置に比べ、液晶分子の配向の連続性が高く、安定した配向状態が実現され、ざらつきのない均一な表示が得られる。特に、良好な応答特性（速い応答速度）を実現するために、液晶分子の配向を制御するための斜め電界を多くの液晶分子に作用させる必要があり、そのためには、開口部（エッジ部）を多く形成する必要がある。本発明の液晶表示装置においては開口部に対応して、安定な放射状傾斜配向を有する液晶ドメインが形成されるので、応答特性を改善するために開口部を多く形成しても、それに伴う表示品位の低下（ざらつきの発生）を抑制することができる。

#### 【 0 0 3 1 】

複数の開口部の少なくとも一部の開口部が、実質的に、等しい形状で等しい大

きさを有し、回転対称性を有するように配置された少なくとも1つの単位格子を形成する構成とすることによって、単位格子を単位として、複数の液晶ドメインを高い対称性で配置することができるので、表示品位の視角依存性を向上することができる。さらに、絵素領域の全体を単位格子に分割することによって、絵素領域の全体に亘って、液晶層の配向を安定化することができる。例えば、それぞれの開口部の中心が、正方格子を形成するように、開口部を配列する。なお、1つの絵素領域が、例えば補助容量配線のように不透明な構成要素によって分割される場合には、表示に寄与する領域毎に単位格子を配置すればよい。

#### 【0032】

複数の開口部の少なくとも一部の開口部（典型的には単位格子を形成する開口部）のそれぞれの形状を回転対称性を有する形状とすることによって、開口部に形成される液晶ドメインの放射状傾斜配向の安定性を高めることができる。例えば、それぞれの開口部の形状（基板法線方向から見たときの形状）を円形や正多角形（例えば正方形）とする。なお、絵素の形状（縦横比）等に応じて、回転対称性を有しない形状（例えば楕円）等の形状としてもよい。また、開口部に実質的に包囲される中実部の領域（後述する「単位中実部」）の形状が回転対称性を有することによって、中実部に形成される液晶ドメインの放射状傾斜配向の安定性を高めることができる。例えば、開口部を正方格子状に配置する場合、開口部の形状を略星形や十字形などとし、中実部の形状を略円形や略正方形等の形状としてもよい。勿論、開口部および開口部によって実質的に包囲される中実部の形状をともに略正方形としてもよい。

#### 【0033】

電極の開口部に形成される液晶ドメインの放射状傾斜配向を安定化させるためには、開口部に形成される液晶ドメインは略円形であることが好ましい。逆にいうと、開口部に形成される液晶ドメインが略円形となるように、開口部の形状を設計すればよい。

#### 【0034】

勿論、電極の中実部に形成される液晶ドメインの放射状傾斜配向を安定化させるためには、開口部によって実質的に包囲される中実部の領域は略円形であるこ

とが好ましい。連続した導電膜から形成される中実部に形成される或る1つの液晶ドメインは、複数の開口部によって実質的に包囲される中実部の領域（単位中実部）に対応して形成される。従って、この中実部の領域（単位中実部）の形状が略円形となるように、開口部の形状およびその配置を決めればよい。

#### 【0035】

上述したいずれの場合においても、絵素領域のそれぞれにおいて、電極に形成される開口部の面積の合計が、中実部の面積より小さいことが好ましい。中実部の面積が大きいほど、電極によって生成される電界の影響を直接的に受ける液晶層の面積（基板法線方向から見たときの平面内に規定される）が大きくなるので、液晶層の電圧に対する光学特性（例えば透過率）が向上する。

#### 【0036】

開口部が略円形となる構成を採用するか、単位中実部が略円形となる構成を採用するかは、どちらの構成において、中実部の面積を大きくできるかによって決めることが好ましい。いずれの構成が好ましいかは、絵素のピッチに依存して適宜選択される。典型的には、ピッチが約 $25\mu\text{m}$ を超える場合、中実部が略円形となるように、開口部を形成することが好ましく、約 $25\mu\text{m}$ 以下の場合には開口部を略円形とすることが好ましい。

#### 【0037】

また、開口部によって実質的に包囲される中実部の領域が、角部が略円弧状の略矩形である構成を採用すると、放射状傾斜配向が安定化されるとともに、透過率（実効開口率）が向上する。

#### 【0038】

上述した電極に形成した開口部のエッジ部に生成される斜め電界による配向規制力は、電圧印加時にしか作用しないので、電圧無印加時や、比較的低い電圧を印加している状態などにおいて、例えば、液晶パネルに外力が加わるなどすると、液晶ドメインの放射状傾斜配向を維持できないことがある。この問題を解決するために、本発明のある実施形態の液晶表示装置は、液晶層の液晶分子に対して、上述の斜め電界による配向規制方向と同じ方向の配向規制力を有する側面を備えた凸部を電極の開口部の内側に有する。この凸部の基板の面内方向の断面形状

は、開口部の形状と同じであり、上述した開口部の形状と同様に、回転対称性を有することが好ましい。

#### 【0039】

複数の液晶ドメインが渦巻き状の放射状傾斜配向状態をとる構成とすることによって、配向がさらに安定するとともに、ざらつきのない均一な表示が実現され、応答速度が向上する。渦巻き状の放射状傾斜配向状態は、例えば、負の誘電異方性を有するネマチック液晶材料にカイラル剤を添加した材料を用いることによって実現される。右回りの渦巻き状となるか左回りの渦巻き状となるかは用いるカイラル剤の種類によって決まる。

#### 【0040】

このような構成を有するとともに、第1基板および第2基板の外側に設けられ、偏光軸が互いに略直交するように配置された一对の偏光板をさらに有する場合には、以下の構成とすることによって、表示品位をさらに向上することが可能になる。

#### 【0041】

具体的には、液晶ドメインの中心に対して表示面12時方向に位置する液晶分子が表示面12時方向に対してなす角度を $\theta$ とするとき、偏光板の偏光軸（一对の偏光板の一方の偏光軸）が、上述の液晶分子が表示面12時方向に対して傾斜している方向と同一の方向に、表示面12時方向に対して $0^\circ$ を超え $2\theta$ 未満の角度で傾斜しているように偏光板を配置すると、液晶ドメインが渦巻き状の放射状傾斜配向状態をとるときの光の透過率が向上し、明るい表示が実現される。特に、偏光板の偏光軸が $\theta$ と略同一の角度で傾斜しているように偏光板を配置すると、光の透過率がさらに向上し、一層明るい表示が実現される。また、偏光板の偏光軸が、 $0^\circ$ を超え $\theta$ 以下の角度で傾斜しているように偏光板を配置すると、明るい表示が実現されるとともに、尾引き現象（白尾引き現象および黒尾引き現象）の発生が抑制され、高品位の表示が実現される。特に、偏光板の偏光軸が $\theta/2$ と略同一の角度で傾斜しているように偏光板を配置すると、白尾引き現象および黒尾引き現象の発生が実質的に防止されて、一層高品位の表示が実現される。



## 【 0 0 4 2 】

電極の中実部は、例えば、複数の島状部と、それぞれが複数の島状部のうちの隣接する島状部を互いに電氣的に接続する複数の枝部とから構成されている。島状部間に存在する枝部は、斜め電界による配向規制効果を低下させるので、枝部の幅が狭いほど、あるいは枝部の個数が少ないほど、配向規制効果の低下が抑制され、応答特性が向上する。

## 【 0 0 4 3 】

複数の島状部が  $m$  行  $n$  列のマトリクス状に配列されている場合、隣接する島状部間のすべてに枝部を設けると枝部の個数は  $(2mn - m - n)$  個となるが、複数の枝部が  $(2mn - m - n)$  個よりも少ない個数の枝部であるように構成することによって、配向規制効果の低下が抑制され、応答特性が向上する。

## 【 0 0 4 4 】

本発明による液晶表示装置は、例えば、絵素領域毎に TFT などのスイッチング素子を備えるアクティブマトリクス型液晶表示装置であって、上述した開口部を有する電極は、スイッチング素子に接続された絵素電極であり、他方の電極は、複数の絵素電極に対向する少なくとも 1 つの対向電極である。このように、液晶層を介して互に対向するように設けられる一对の電極の内的一方にだけ、開口部を設けるだけで、安定した放射状傾斜配向を実現することができる。すなわち、公知の製造方法において、導電膜を絵素電極の形状にパターニングする際に、所望の形状の開口部が所望の配置で形成されるように、フォトリソを修正するだけで、本発明による液晶表示装置を製造することができる。勿論、対向電極に複数の開口部を形成してもよい。

## 【 0 0 4 5 】

本発明による他の液晶表示装置においては、絵素領域の液晶層に電圧を印加する一对の電極の内的一方が、少なくとも絵素領域の角部に配置された複数の開口部と、中実部とを有しているので、一对の電極間に電圧が印加されると、電極の開口部のエッジ部に斜め電界が形成される。従って、少なくとも角部に配置された複数の開口部のエッジ部に生成されたこの斜め電界によって、液晶層は、電圧印加状態において、放射状傾斜配向状態をとる液晶ドメインを形成し、そのため

、広視野角特性が得られる。

【 0 0 4 6 】

ある絵素領域に存在する単位中実部（開口部に実質的に包囲される中実部の領域）は、複数の単位中実部であってもよいし、角部に配置された開口部によって包囲される1つの単位中実部であってもよい。ある絵素領域に存在する単位中実部が1つの単位中実部である場合、単位中実部を包囲する開口部は、角部に配置された複数の開口部であってもよいし、角部に配置された複数の開口部が連続した、実質的に1つの開口部であってもよい。

【 0 0 4 7 】

開口部に実質的に包囲される中実部の領域（単位中実部）が、回転対称性を有することによって、中実部に形成される液晶ドメインの放射状傾斜配向の安定性を高めることができる。例えば、単位中実部の形状を略円形や略正方形、あるいは略矩形としてもよい。

【 0 0 4 8 】

単位中実部の形状を略円形とすると、電極の中実部に形成される液晶ドメインの放射状傾斜配向を安定化させることができる。連続した導電膜から形成される中実部に形成されるある1つの液晶ドメインは、単位中実部に対応して形成されるので、単位中実部の形状が略円形となるように、開口部の形状およびその配置を決めればよい。

【 0 0 4 9 】

また、単位中実部の形状が、角部が略円弧状の略矩形であると、放射状傾斜配向の安定性と、透過率（実効開口率）とを高くすることができる。

【 0 0 5 0 】

電極の中実部は、例えば、複数の島状部と、それぞれが複数の島状部のうちの隣接する島状部を互いに電氣的に接続する複数の枝部とから構成されている。島状部間に存在する枝部は、斜め電界による配向規制効果を低下させるので、枝部の幅が狭いほど、あるいは枝部の個数が少ないほど、配向規制効果の低下が抑制され、応答特性が向上する。

【 0 0 5 1 】

複数の島状部が  $m$  行  $n$  列のマトリクス状に配列されている場合、隣接する島状部間のすべてに枝部を設けると枝部の個数は  $(2mn - m - n)$  個となるが、複数の枝部が  $(2mn - m - n)$  個よりも少ない個数の枝部であるように構成することによって、配向規制効果の低下が抑制され、応答特性が向上する。

【 0 0 5 2 】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照しながら、本発明の実施形態を説明する。

【 0 0 5 3 】

(実施形態 1)

まず、本発明の液晶表示装置が有する電極構造とその作用とを説明する。本発明による液晶表示装置は、優れた表示特性を有するので、アクティブマトリクス型液晶表示装置に好適に利用される。以下では、薄膜トランジスタ (TFT) を用いたアクティブマトリクス型液晶表示装置について、本発明の実施形態を説明する。本発明はこれに限られず、MIMを用いたアクティブマトリクス型液晶表示装置や単純マトリクス型液晶表示装置に適用することができる。また、以下では、透過型液晶表示装置を例に本発明の実施形態を説明するが、本発明はこれに限られず、反射型液晶表示装置や、さらに、後述する透過反射両用型液晶表示装置に適用することができる。

【 0 0 5 4 】

なお、本願明細書においては、表示の最小単位である「絵素」に対応する液晶表示装置の領域を「絵素領域」と呼ぶ。カラー液晶表示装置においては、R、G、Bの「絵素」が1つの「画素」に対応する。絵素領域は、アクティブマトリクス型液晶表示装置においては、絵素電極と絵素電極と対向する対向電極とが絵素領域を規定する。また、単純マトリクス型液晶表示装置においては、ストライプ状に設けられる列電極と列電極と直交するように設けられる行電極とが互いに交差するそれぞれの領域が絵素領域を規定する。なお、ブラックマトリクスが設けられる構成においては、厳密には、表示すべき状態に応じて電圧が印加される領域のうち、ブラックマトリクスの開口部に対応する領域が絵素領域に対応することになる。

## 【 0 0 5 5 】

図 1 ( a ) および ( b ) を参照しながら、本発明による実施形態 1 の液晶表示装置 1 0 0 の 1 つの絵素領域の構造を説明する。以下では、説明の簡単さのためにカラーフィルタやブラックマトリクスを省略する。また、以下の図面においては、液晶表示装置 1 0 0 の構成要素と実質的に同じ機能を有する構成要素を同じ参照符号で示し、その説明を省略する。図 1 ( a ) は基板法線方向から見た上面図であり、図 1 ( b ) は図 1 ( a ) 中の 1 B - 1 B ' 線に沿った断面図に相当する。図 1 ( b ) は、液晶層に電圧を印加していない状態を示している。

## 【 0 0 5 6 】

液晶表示装置 1 0 0 は、アクティブマトリクス基板（以下「T F T 基板」と呼ぶ。） 1 0 0 a と、対向基板（「カラーフィルタ基板」とも呼ぶ） 1 0 0 b と、T F T 基板 1 0 0 a と対向基板 1 0 0 b との間に設けられた液晶層 3 0 とを有している。液晶層 3 0 の液晶分子 3 0 a は、負の誘電率異方性を有し、T F T 基板 1 0 0 a および対向基板 1 0 0 b の液晶層 3 0 側の表面に設けられた垂直配向層（不図示）によって、液晶層 3 0 に電圧が印加されていないとき、図 1 ( b ) に示したように、垂直配向膜の表面に対して垂直に配向する。このとき、液晶層 3 0 は垂直配向状態にあるという。但し、垂直配向状態にある液晶層 3 0 の液晶分子 3 0 a は、垂直配向膜の種類や液晶材料の種類によって、垂直配向膜の表面（基板の表面）の法線から若干傾斜することがある。一般に、垂直配向膜の表面に対して、液晶分子軸（「軸方位」とも言う。）が約 8 5 ° 以上の角度で配向した状態が垂直配向状態と呼ばれる。

## 【 0 0 5 7 】

液晶表示装置 1 0 0 の T F T 基板 1 0 0 a は、透明基板（例えばガラス基板） 1 1 とその表面に形成された絵素電極 1 4 とを有している。対向基板 1 0 0 b は、透明基板（例えばガラス基板） 2 1 とその表面に形成された対向電極 2 2 とを有している。液晶層 3 0 を介して互いに対向するように配置された絵素電極 1 4 と対向電極 2 2 とに印加される電圧に応じて、絵素領域ごとの液晶層 3 0 の配向状態が変化する。液晶層 3 0 の配向状態の変化に伴い、液晶層 3 0 を透過する光の偏光状態や量が変化する現象を利用して表示が行われる。

## 【 0 0 5 8 】

液晶表示装置 1 0 0 が有する絵素電極 1 4 は、複数の開口部 1 4 a と中実部 1 4 b とを有している。開口部 1 4 a は、導電膜（例えば I T O 膜）から形成される絵素電極 1 4 の内の導電膜が除去された部分を指し、中実部 1 4 b は導電膜が存在する部分（開口部 1 4 a 以外の部分）を指す。開口部 1 4 a は 1 つの絵素電極ごとに複数形成されているが、中実部 1 4 b は、基本的には連続した単一の導電膜から形成されている。

## 【 0 0 5 9 】

複数の開口部 1 4 a は、その中心が正方格子を形成するように配置されており、1 つの単位格子を形成する 4 つの格子点上に中心が位置する 4 つの開口部 1 4 a によって実質的に囲まれる中実部（「単位中実部」と称する。）1 4 b' は、略円形の形状を有している。それぞれの開口部 1 4 a は、4 つの 4 分の 1 円弧状の辺（エッジ）を有し、且つ、その中心に 4 回回転軸を有する略星形である。なお、絵素領域の全体に亘って配向を安定させるために、絵素電極 1 4 の端部まで単位格子を形成することが好ましい。従って、図示したように、絵素電極の端部は、開口部 1 4 a の約 2 分の 1（辺に対応する領域）および開口部 1 4 a の約 4 分の 1（角に対応する領域）に相当する形状にパターンニングされていることが好ましい。

## 【 0 0 6 0 】

絵素領域の中央部に位置する開口部 1 4 a は実質的に同じ形状で同じ大きさを有している。開口部 1 4 a によって形成される単位格子内に位置する単位中実部 1 4 b' は略円形であり、実質的に同じ形状で同じ大きさを有している。互いに隣接する単位中実部 1 4 b' は互いに接続されており、実質的に単一の導電膜として機能する中実部 1 4 b を構成している。

## 【 0 0 6 1 】

上述したような構成を有する絵素電極 1 4 と対向電極 2 2 との間に電圧を印加すると、開口部 1 4 a のエッジ部に生成される斜め電界によって、それぞれが放射状傾斜配向を有する複数の液晶ドメインが形成される。液晶ドメインは、それぞれの開口部 1 4 a に対応する領域と、単位格子内の中実部 1 4 b' に対応する

領域とに、それぞれ1つずつ形成される。

【0062】

ここでは、正方形の絵素電極14を例示しているが、絵素電極14の形状はこれに限られない。絵素電極14の一般的な形状は、矩形（正方形と長方形を含む）に近似されるので、開口部14aを正方格子状に規則正しく配列することができる。絵素電極14が矩形以外の形状を有していても、絵素領域内の全ての領域に液晶ドメインが形成されるように、規則正しく（例えば例示したように正方格子状に）開口部14aを配置すれば、本発明の効果を得ることができる。

【0063】

上述した斜め電界によって液晶ドメインが形成されるメカニズムを図2（a）および（b）を参照しながら説明する。図2（a）および（b）は、それぞれ図1（b）に示した液晶層30に電圧を印加した状態を示しており、図2（a）は、液晶層30に印加された電圧に応じて、液晶分子30aの配向が変化し始めた状態（ON初期状態）を模式的に示しており、図2（b）は、印加された電圧に応じて変化した液晶分子30aの配向が定常状態に達した状態を模式的に示している。図2（a）および（b）中の曲線EQは等電位線EQを示す。

【0064】

絵素電極14と対向電極22とが同電位するとき（液晶層30に電圧が印加されていない状態）には、図1（a）に示したように、絵素領域内の液晶分子30aは、両基板11および21の表面に対して垂直に配向している。

【0065】

液晶層30に電圧を印加すると、図2（a）に示した等電位線EQ（電気力線と直交する）EQで表される電位勾配が形成される。この等電位線EQは、絵素電極14の中実部14bと対向電極22との間に位置する液晶層30内では、中実部14bおよび対向電極22の表面に対して平行であり、絵素電極14の開口部14aに対応する領域で落ち込み、開口部14aのエッジ部（開口部14aの境界（外延）を含む開口部14aの内側周辺）EG上の液晶層30内には、傾斜した等電位線EQで表される斜め電界が形成される。

【0066】

負の誘電異方性を有する液晶分子 3 0 a には、液晶分子 3 0 a の軸方位を等電位線 E Q に対して平行（電気力線に対して垂直）に配向させようとするトルクが作用する。従って、エッジ部 E G 上の液晶分子 3 0 a は、図 2（a）中に矢印で示したように、図中の右側エッジ部 E G では時計回り方向に、図中の左側エッジ部 E G では反時計回り方向に、それぞれ傾斜（回転）し、等電位線 E Q に平行に配向する。

## 【 0 0 6 7 】

ここで、図 3 を参照しながら、液晶分子 3 0 a の配向の変化を詳細に説明する。

## 【 0 0 6 8 】

液晶層 3 0 に電界が生成されると、負の誘電率異方性を有する液晶分子 3 0 a には、その軸方位を等電位線 E Q に対して平行に配向させようとするトルクが作用する。図 3（a）に示したように、液晶分子 3 0 a の軸方位に対して垂直な等電位線 E Q で表される電界が発生すると、液晶分子 3 0 a には時計回りまたは反時計回り方向に傾斜させるトルクが等しい確率で作用する。従って、互いに対向する平行平板型配置の電極間にある液晶層 3 0 内には、時計回り方向のトルクを受ける液晶分子 3 0 a と、反時計回り方向のトルクを受ける液晶分子 3 0 a とが混在する。その結果、液晶層 3 0 に印加された電圧に応じた配向状態への変化がスムーズに起こらないことがある。

## 【 0 0 6 9 】

図 2（a）に示したように、本発明による液晶表示装置 1 0 0 の開口部 1 4 a のエッジ部 E G において、液晶分子 3 0 a の軸方位に対して傾斜した等電位線 E Q で表される電界（斜め電界）が発生すると、図 3（b）に示したように、液晶分子 3 0 a は、等電位線 E Q と平行になるための傾斜量が少ない方向（図示の例では反時計回り）に傾斜する。また、液晶分子 3 0 a の軸方位に対して垂直方向の等電位線 E Q で表される電界が発生する領域に位置する液晶分子 3 0 a は、図 3（c）に示したように、傾斜した等電位線 E Q 上に位置する液晶分子 3 0 a と配向が連続となるように（整合するように）、傾斜した等電位線 E Q 上に位置する液晶分子 3 0 a と同じ方向に傾斜する。図 3（d）に示したように、等電位線

E Qが連続した凹凸形状を形成する電界が印加されると、それぞれの傾斜した等電位線E Q上に位置する液晶分子3 0 aによって規制される配向方向と整合するように、平坦な等電位線E Q上に位置する液晶分子3 0 aが配向する。なお、「等電位線E Q上に位置する」とは、「等電位線E Qで表される電界内に位置する」ことを意味する。

## 【 0 0 7 0 】

上述したように、傾斜した等電位線E Q上に位置する液晶分子3 0 aから始まる配向の変化が進み、定常状態に達すると、図2 (b)に模式的に示した配向状態となる。開口部1 4 aの中央付近に位置する液晶分子3 0 aは、開口部1 4 aの互いに対向する両側のエッジ部E Gの液晶分子3 0 aの配向の影響をほぼ同等に受けるので、等電位線E Qに対して垂直な配向状態を保ち、開口部1 4 aの中央から離れた領域の液晶分子3 0 aは、それぞれ近い方のエッジ部E Gの液晶分子3 0 aの配向の影響を受けて傾斜し、開口部1 4 aの中心S Aに関して対称な傾斜配向を形成する。この配向状態は、液晶表示装置1 0 0の表示面に垂直な方向（基板1 1および2 1の表面に垂直な方向）からみると、液晶分子3 0 aの軸方位が開口部1 4 aの中心に関して放射状に配向した状態にある（不図示）。そこで、本願明細書においては、このような配向状態を「放射状傾斜配向」と呼ぶことにする。また、1つの中心に関して放射状傾斜配向をとる液晶層の領域を液晶ドメインと称する。

## 【 0 0 7 1 】

開口部1 4 aによって実質的に包囲された単位中実部1 4 b' に対応する領域においても、液晶分子3 0 aが放射状傾斜配向をとる液晶ドメインが形成される。単位中実部1 4 b' に対応する領域の液晶分子3 0 aは、開口部1 4 aのエッジ部E Gの液晶分子3 0 aの配向の影響を受け、単位中実部1 4 b' の中心S A（開口部1 4 aが形成する単位格子の中心に対応）に関して対称な放射状傾斜配向をとる。

## 【 0 0 7 2 】

単位中実部1 4 b' に形成される液晶ドメインにおける放射状傾斜配向と開口部1 4 aに形成される放射状傾斜配向は連続しており、いずれも開口部1 4 aの



エッジ部 E G の液晶分子 3 0 a の配向と整合するように配向している。開口部 1 4 a に形成された液晶ドメイン内の液晶分子 3 0 a は、上側（基板 1 0 0 b 側）が開いたコーン状に配向し、単位中実部 1 4 b' に形成された液晶ドメイン内の液晶分子 3 0 a は下側（基板 1 0 0 a 側）が開いたコーン状に配向する。このように、開口部 1 4 a に形成される液晶ドメインおよび単位中実部 1 4 b' に形成される液晶ドメインに形成される放射状傾斜配向は、互いに連続であるので、これらの境界にディスクリネーションライン（配向欠陥）が形成されることがなく、それによって、ディスクリネーションラインの発生による表示品位の低下は起らない。

## 【 0 0 7 3 】

液晶表示装置の表示品位の視角依存性を全方位において改善するためには、それぞれの絵素領域内において、全ての方位角方向のそれぞれに沿って配向する液晶分子の存在確率が回転対称性を有することが好ましく、軸対称性を有することがさらに好ましい。すなわち、絵素領域の全体に亘って形成される液晶ドメインが回転対称性、さらには軸対称性を有するように配置されていることが好ましい。但し、絵素領域の全体に亘って回転対称性を有する必要は必ずしも無く、回転対称性（または軸対称性）を有するように配列された液晶ドメイン（例えば、正方格子状に配列された複数の液晶ドメイン）の集合体として絵素領域の液晶層が形成されればよい。従って、絵素領域に形成される複数の開口部 1 4 a の配置も絵素領域の全体に亘って回転対称性を有する必要は必ずしも無く、回転対称性（または軸対称性）を有するように配列された開口部（例えば正方格子状に配列された複数の開口部）の集合体として表せればよい。勿論、複数の開口部 1 4 a に実質的に包囲される単位中実部 1 4 b' の配置も同様である。また、それぞれの液晶ドメインの形状も回転対称性さらには軸対称性を有することが好ましいので、それぞれの開口部 1 4 a および単位中実部 1 4 b' の形状も回転対称性さらには軸対称性を有することが好ましい。

## 【 0 0 7 4 】

なお、開口部 1 4 a の中央付近の液晶層 3 0 には十分な電圧が印加されず、開口部 1 4 a の中央付近の液晶層 3 0 が表示に寄与しない場合がある。すなわち、

開口部 1 4 a の中央付近の液晶層 3 0 の放射状傾斜配向が多少乱れても（例えば、中心軸が開口部 1 4 a の中心からずれても）、表示品位が低下しないことがある。従って、少なくとも単位中実部 1 4 b' に対応して形成される液晶ドメインが回転対称性、さらには軸対称性を有するように配置されていればよい。

## 【 0 0 7 5 】

図 2 (a) および (b) を参照しながら説明したように、本発明による液晶表示装置 1 0 0 の絵素電極 1 4 は複数の開口部 1 4 a を有しており、絵素領域内の液晶層 3 0 内に、傾斜した領域を有する等電位線 E Q で表される電界を形成する。電圧無印加時に垂直配向状態にある液晶層 3 0 内の負の誘電異方性を有する液晶分子 3 0 a は、傾斜した等電位線 E Q 上に位置する液晶分子 3 0 a の配向変化をトリガーとして配向方向を変化し、安定な放射状傾斜配向を有する液晶ドメインが開口部 1 4 a および中実部 1 4 b に形成される。液晶層に印加される電圧に応じて、この液晶ドメインの液晶分子の配向が変化することによって、表示が行われる。

## 【 0 0 7 6 】

本実施形態の液晶表示装置 1 0 0 が有する絵素電極 1 4 が有する開口部 1 4 a の形状（基板法線方向から見た形状）およびその配置について説明する。

## 【 0 0 7 7 】

液晶表示装置の表示特性は、液晶分子の配向状態（光学的異方性）に起因して、方位角依存性を示す。表示特性の方位角依存性を低減するためには、液晶分子が全ての方位角に対して同等の確率で配向していることが好ましい。また、それぞれの絵素領域内の液晶分子が全ての方位角に対して同等の確率で配向していることがさらに好ましい。従って、開口部 1 4 a は、それぞれの絵素領域内の液晶分子 3 0 a がすべての方位角に対して同等の確率で配向するように、液晶ドメインを形成するような形状を有していることが好ましい。具体的には、開口部 1 4 a の形状は、それぞれの中心（法線方向）を対称軸とする回転対称性（好ましくは 2 回回転軸以上の対称性）を有することが好ましく、また、複数の開口部 1 4 a が回転対称性を有するように配置されていることが好ましい。また、これらの開口部によって実質的に包囲される単位中実部 1 4 b' の形状も回転対称性を有

することが好ましく、単位中実部 1 4 b も回転対称性を有するように配置されることが好ましい。

#### 【0078】

但し、開口部 1 4 a や単位中実部 1 4 b が絵素領域全体に亘って回転対称性を有するように配置される必要は必ずしも無く、図 1 (a) に示したように、例えば正方格子 (4 回回転軸を有する対称性) を最小単位とし、それらの組合せによって絵素領域が構成されれば、絵素領域全体に亘って液晶分子がすべての方位角に対して実質的に同等の確率で配向させることができる。

#### 【0079】

図 1 (a) に示した、回転対称性を有する略星形の開口部 1 4 a および略円形の単位中実部 1 4 b が正方格子状に配列された場合の液晶分子 3 0 a の配向状態を図 4 (a) ~ 図 4 (c) を参照しながら説明する。

#### 【0080】

図 4 (a) ~ (c) は、それぞれ、基板法線方向から見た液晶分子 3 0 a の配向状態を模式的に示している。図 4 (b) および (c) など、基板法線方向から見た液晶分子 3 0 a の配向状態を示す図において、楕円状に描かれた液晶分子 3 0 a の先が黒く示されている端は、その端が他端よりも、開口部 1 4 a を有する絵素電極 1 4 が設けられている基板側に近いように、液晶分子 3 0 a が傾斜していることを示している。以下の図面においても同様である。ここでは、図 1 (a) に示した絵素領域の内の 1 つの単位格子 (4 つの開口部 1 4 a によって形成される) について説明する。図 4 (a) ~ 図 4 (c) 中の対角線に沿った断面は、図 1 (b)、図 2 (a) および (b) にそれぞれ対応し、これらの図を合わせて参照しながら説明する。

#### 【0081】

絵素電極 1 4 および対向電極 2 2 が同電位のとき、すなわち液晶層 3 0 に電圧が印加されていない状態においては、TFT 基板 1 0 0 a および対向基板 1 0 0 b の液晶層 3 0 側表面に設けられた垂直配向層 (不図示) によって配向方向が規制されている液晶分子 3 0 a は、図 4 (a) に示したように、垂直配向状態を取る。

## 【 0 0 8 2 】

液晶層 3 0 に電界を印加し、図 2 ( a ) に示した等電位線 E Q で表される電界が発生すると、負の誘電率異方性を有する液晶分子 3 0 a には、軸方位が等電位線 E Q に平行になるようなトルクが発生する。図 3 ( a ) および ( b ) を参照しながら説明したように、液晶分子 3 0 a の分子軸に対して垂直な等電位線 E Q で表される電場下の液晶分子 3 0 a は、液晶分子 3 0 a が傾斜 ( 回転 ) する方向が一義的に定まっていなかったため ( 図 3 ( a ) ) 、配向の変化 ( 傾斜または回転 ) が容易に起こらないのに対し、液晶分子 3 0 a の分子軸に対して傾斜した等電位線 E Q 下に置かれた液晶分子 3 0 a は、傾斜 ( 回転 ) 方向が一義的に決まるので、配向の変化が容易に起こる。従って、図 4 ( b ) に示したように、等電位線 E Q に対して液晶分子 3 0 a の分子軸が傾いている開口部 1 4 a のエッジ部から液晶分子 3 0 a が傾斜し始める。そして、図 3 ( c ) を参照しながら説明したように、開口部 1 4 a のエッジ部の傾斜した液晶分子 3 0 a の配向と整合性をとるように周囲の液晶分子 3 0 a も傾斜し、図 4 ( c ) に示したような状態で液晶分子 3 0 a の軸方位は安定する ( 放射状傾斜配向 ) 。

## 【 0 0 8 3 】

このように、開口部 1 4 a が回転対称性を有する形状であると、絵素領域内の液晶分子 3 0 a は、電圧印加時に、開口部 1 4 a のエッジ部から開口部 1 4 a の中心に向かって液晶分子 3 0 a が傾斜するので、エッジ部からの液晶分子 3 0 a の配向規制力が釣り合う開口部 1 4 a の中心付近の液晶分子 3 0 a は基板面に対して垂直に配向した状態を維持し、その回りの液晶分子 3 0 a が開口部 1 4 a の中心付近の液晶分子 3 0 a を中心に放射状に液晶分子 3 0 a が連続的に傾斜した状態が得られる。

## 【 0 0 8 4 】

また、正方格子状に配列された 4 つの略星形の開口部 1 4 a に包囲された略円形の単位中実部 1 4 b ' に対応する領域の液晶分子 3 0 a も、開口部 1 4 a のエッジ部に生成される斜め電界で傾斜した液晶分子 3 0 a の配向と整合するように傾斜する。エッジ部からの液晶分子 3 0 a の配向規制力が釣り合う単位中実部 1 4 b ' の中心付近の液晶分子 3 0 a は基板面に対して垂直に配向した状態を維持

し、その回りの液晶分子 3 0 a が単位中実部 1 4 b' の中心付近の液晶分子 3 0 a を中心に放射状に液晶分子 3 0 a が連続的に傾斜した状態が得られる。

#### 【 0 0 8 5 】

このように、絵素領域全体に亘って、液晶分子 3 0 a が放射状傾斜配向をとる液晶ドメインが正方格子状に配列されると、それぞれの軸方位の液晶分子 3 0 a の存在確率が回転対称性を有することになり、あらゆる視角方向に対して、ざらつきのない高品位の表示を実現することができる。放射状傾斜配向を有する液晶ドメインの視角依存性を低減するためには、液晶ドメインが高い回転対称性（2 回回転軸以上が好ましく、4 回回転軸以上がさらに好ましい。）を有することが好ましい。また、絵素領域全体の視角依存性を低減するためには、絵素領域に形成される複数の液晶ドメインが、高い回転対称性（2 回回転軸以上が好ましく、4 回回転軸以上がさらに好ましい。）を有する単位（例えば単位格子）の組合せで表される配列（例えば正方格子）を構成することが好ましい。

#### 【 0 0 8 6 】

なお、液晶分子 3 0 a の放射状傾斜配向は、図 5（a）に示したような単純な放射状傾斜配向よりも、図 5（b）および（c）に示したような、左回りまたは右回りの渦巻き状の放射状傾斜配向の方が安定である。この渦巻き状配向は、通常のツイスト配向のように液晶層 3 0 の厚さ方向に沿って液晶分子 3 0 a の配向方向が螺旋状に変化するのではなく、液晶分子 3 0 a の配向方向は微小領域で見ると、液晶層 3 0 の厚さ方向に沿ってほとんど変化していない。すなわち、液晶層 3 0 の厚さ方向のどこの位置の断面（層面に平行な面内での断面）においても、図 5（b）または（c）と同じ配向状態にあり、液晶層 3 0 の厚さ方向に沿ったツイスト変形をほとんど生じていない。但し、液晶ドメインの全体で見ると、ある程度のツイスト変形が発生している。

#### 【 0 0 8 7 】

負の誘電異方性を有するネマチック液晶材料にカイラル剤を添加した材料を用いると、電圧印加時に、液晶分子 3 0 a は、開口部 1 4 a および単位中実部 1 4 b' を中心に、図 5（b）および（c）に示した、左回りまたは右回りの渦巻き状放射状傾斜配向をとる。右回りか左回りかは用いるカイラル剤の種類によって

決まる。従って、電圧印加時に開口部 1 4 a 内の液晶層 3 0 を渦巻き状放射状傾斜配向させることによって、放射状傾斜している液晶分子 3 0 a の、基板面に垂直に立っている液晶分子 3 0 a の周りを巻いている方向を全ての液晶ドメイン内で一定にすることができるので、ざらつきの無い均一な表示が可能になる。さらに、基板面に垂直に立っている液晶分子 3 0 a の周りを巻いている方向が定まっているので、液晶層 3 0 に電圧を印加した際の応答速度も向上する。

## 【 0 0 8 8 】

カイラル剤を添加すると、更に、通常のツイスト配向のように、液晶層 3 0 の厚さ方向に沿って液晶分子 3 0 a の配向が螺旋状に変化ようになる。液晶層 3 0 の厚さ方向に沿って液晶分子 3 0 a の配向が螺旋状に変化しない配向状態では、偏光板の偏光軸に対して垂直方向または平行方向に配向している液晶分子 3 0 a は、入射光に対して位相差を与えないための、このような配向状態の領域を通過する入射光は透過率に寄与しない。これに対し、液晶層 3 0 の厚さ方向に沿って液晶分子 3 0 a の配向が螺旋状に変化する配向状態においては、偏光板の偏光軸に垂直方向または平行方向に配向している液晶分子 3 0 a も、入射光に対して位相差を与えるとともに、光の旋光性を利用することもできる。従って、このような配向状態の領域を通過する入射光も透過率に寄与するので、明るい表示が可能な液晶表示装置を得ることができる。

## 【 0 0 8 9 】

図 1 ( a ) では、開口部 1 4 a が略星形を有し、単位中実部 1 4 b ' が略円形を有し、これらが正方格子状に配列された例を示したが、開口部 1 4 a および単位中実部 1 4 b ' の形状ならびにこれらの配置は、上記の例に限られない。

## 【 0 0 9 0 】

図 6 ( a ) および ( b ) に、異なる形状の開口部 1 4 a および単位中実部 1 4 b ' を有する絵素電極 1 4 A および 1 4 B の上面図をそれぞれ示す。

## 【 0 0 9 1 】

図 6 ( a ) および ( b ) にそれぞれ示した絵素電極 1 4 A および 1 4 B の開口部 1 4 a および単位中実部 1 4 b ' は、図 1 ( a ) に示した絵素電極の開口部 1 4 a および単位中実部 1 4 b ' が若干ひずんだ形を有している。絵素電極 1 4 A

および 1 4 B の開口部 1 4 a および単位中実部 1 4 b' は、2 回回転軸を有し（4 回回転軸は有しない）、長方形の単位格子を形成するように規則的に配列されている。開口部 1 4 a は、いずれも歪んだ星形を有し、単位中実部 1 4 b' は、いずれも略楕円形（歪んだ円形）を有している。絵素電極 1 4 A および 1 4 B を用いても、表示品位が高い、視角特性に優れた液晶表示装置を得ることができる。

#### 【0092】

さらに、図 7（a）および（b）にそれぞれ示すような絵素電極 1 4 C および 1 4 D を用いることもできる。

#### 【0093】

絵素電極 1 4 C および 1 4 D は、単位中実部 1 4 b' が略正方形となるように、略十字の開口部 1 4 a が正方格子状に配置されている。勿論、これらを歪ませて、長方形の単位格子を形成するように配置してもよい。このように、略矩形（矩形は正方形と長方形を含むとする。）の単位中実部 1 4 b' を規則正しく配列しても、表示品位が高い、視角特性に優れた液晶表示装置を得ることができる。

#### 【0094】

但し、開口部 1 4 a および／または単位中実部 1 4 b' の形状は、矩形よりも円形または楕円形の方が放射状傾斜配向を安定化できるので好ましい。これは、開口部 1 4 a の辺が連続的に（滑らかに）変化するので、液晶分子 3 0 a の配向方向も連続的に（滑らかに）変化するためと考えられる。

#### 【0095】

上述した液晶分子 3 0 a の配向方向の連続性の観点から、図 8（a）および（b）に示す絵素電極 1 4 E および 1 4 F も考えられる。図 8（a）に示した絵素電極 1 4 E は、図 1（a）に示した絵素電極 1 4 の変形例で、4 つの円弧だけからなる開口部 1 4 a を有している。また、図 8（b）に示した絵素電極 1 4 F は、図 7（b）に示した絵素電極 1 4 D の変形例で、開口部 1 4 a の単位中実部 1 4 b' 側が円弧で形成されている。絵素電極 1 4 E および 1 4 F が有する開口部 1 4 a ならびに単位中実部 1 4 b' は、いずれも 4 回回転軸を有しており、且つ、正方格子状（4 回回転軸を有する）に配列されているが、図 6（a）および（

b) に示したように、開口部 1 4 a の単位中実部 1 4 b' の形状を歪ませて 2 回回転軸を有する形状とし、長方形の格子（2 回回転軸を有する）を形成するように配置してもよい。

#### 【 0 0 9 6 】

上述の例では、略星形や略十字形の開口部 1 4 a を形成し、単位中実部 1 4 b' の形状を略円形、略楕円形、略正方形（矩形）および角の取れた略矩形とした構成を説明した。これに対して、開口部 1 4 a と単位中実部 1 4 b' との関係をネガーポジ反転させてもよい。例えば、図 1 (a) に示した絵素電極 1 4 の開口部 1 4 a と単位中実部 1 4 b とをネガーポジ反転したパターンを有する絵素電極 1 4 G を図 9 に示す。このように、ネガーポジ反転したパターンを有する絵素電極 1 4 G も図 1 に示した絵素電極 1 4 と実質的に同様の機能を有する。なお、図 1 0 (a) および (b) にそれぞれ示す絵素電極 1 4 H および 1 4 I のように、開口部 1 4 a および単位中実部 1 4 b' がともに略正方形の場合には、ネガーポジ反転しても、もとのパターンと同じパターンとなるものもある。

#### 【 0 0 9 7 】

図 9 に示したパターンのように、図 1 (a) に示したパターンをネガーポジ反転させた場合にも、絵素電極 1 4 のエッジ部に、回転対称性を有する単位中実部 1 4 b' が形成されるように、開口部 1 4 a の一部（約 2 分の 1 または約 4 分の 1）を形成することが好ましい。このようなパターンとすることによって、絵素領域のエッジ部においても、絵素領域の中央部と同様に、斜め電界による効果が得られ、絵素領域の全体に亘って安定した放射状傾斜配向を実現することができる。

#### 【 0 0 9 8 】

次に、図 1 (a) の絵素電極 1 4 と、絵素電極 1 4 の開口部 1 4 a と単位中実部 1 4 b' のパターンをネガーポジ反転させたパターンを有する図 9 に示した絵素電極 1 4 G を例に、ネガーポジパターンのいずれを採用すべきかを説明する。

#### 【 0 0 9 9 】

ネガーポジいずれのパターンを採用しても、開口部 1 4 a の辺の長さはどちらのパターンも同じである。従って、斜め電界を生成するという機能においては、



これらのパターンによる差はない。しかしながら、単位中実部 14 b' の面積比率（絵素電極 14 の全面積に対する比率）は、両者の間で異なり得る。すなわち、液晶層の液晶分子に採用する電界を生成する中実部 16（実際に導電膜が存在する部分）の面積が異なり得る。

## 【0100】

開口部 14 a に形成される液晶ドメインに印加される電圧は、中実部 14 b に形成される液晶ドメインに印加される電圧よりも低くなるので、例えば、ノーマリブラックモードの表示を行うと、開口部 14 a に形成された液晶ドメインは暗くなる。すなわち、開口部 14 a の面積比率が高くなると表示輝度が低下する傾向になる。従って、中実部 14 b の面積比率が高い方が好ましい。

## 【0101】

図 1 (a) のパターンと図 9 のパターンとのいずれにおいても中実部 14 b の面積比率が高くなるかは、単位格子のピッチ（大きさ）に依存する。

## 【0102】

図 11 (a) は、図 1 (a) に示したパターンの単位格子を示し、図 11 (b) は、図 9 に示したパターンの単位格子（但し、開口部 14 a を中心とする。）を示してゐる。なお、図 11 (a) においては、図 1 における単位中実部 14 b' の相互に接続する役割を果たしている部分（円形部から四方にのびる枝部）を省略している。正方単位格子の一边の長さ（ピッチ）を  $p$  とし、開口部 14 a または単位中実部 14 b' と単位格子との間隙の長さ（片側のスペース）を  $s$  とする。

## 【0103】

ピッチ  $p$  および片側スペース  $s$  の値が異なる種々の絵素電極 14 を形成し、放射状傾斜配向の安定性などを検討した。その結果、まず、図 11 (a) に示したパターン（以下、「ポジ型パターン」と称する。）を有する絵素電極 14 を用いて、放射状傾斜配向を得るために必要な斜め電界を生成するためには、片側スペース  $s$  が約  $2.75 \mu\text{m}$  以上必要であることを見出した。一方、図 11 (b) に示したパターン（以下、「ネガ型パターン」と称する。）を有する絵素電極 14 について、放射状傾斜配向を得るための斜め電界を生成するために、片側ス

ス  $s$  が約  $2.25 \mu\text{m}$  以上必要であることを見出した。片側スペース  $s$  をそれぞれこの下限値として、ピッチ  $p$  の値を変化させたときの中実部 14 b の面積比率を検討した。結果を表 1 および図 1.1 (c) に示す。

【0104】

〔表 1〕

ピッチ $p$ ( $\mu\text{m}$ )	中実部面積比率 (%)	
	ポジ型 (a)	ネガ型 (b)
20	41.3	52.9
25	47.8	47.2
30	52.4	43.3
35	55.8	40.4
40	58.4	38.2
45	60.5	36.4
50	62.2	35.0

表 1 および図 1.1 (c) から分かるように、ピッチ  $p$  が約  $25 \mu\text{m}$  以上のときにはポジ型 (図 1.1 (a)) パターンの方が中実部 14 b の面積比率が高くなり、約  $25 \mu\text{m}$  よりも短くなるとネガ型 (図 1.1 (b)) の方が中実部 14 b の面積比率が大きくなる。従って、表示輝度および配向の安定性の観点から、ピッチ  $p$  が約  $25 \mu\text{m}$  を境にして、採用すべきパターンが変わる。例えば、幅  $75 \mu\text{m}$  の絵素電極 14 の幅方向に、3 個以下の単位格子を設ける場合には、図 1.1 (a) に示したポジ型パターンが好ましく、4 個以上の単位格子を設ける場合には、図 1.1 (b) に示したネガ型パターンが好ましい。例示したパターン以外の場合においても、中実部 14 b の面積比率が大きくなるように、ポジ型またはネガ型の何れかを選択すればよい。

【0105】

単位格子の数は、以下のようにして求められる。絵素電極 14 の幅 (横または縦) に対して、1 つまたは 2 以上の整数個の単位格子が配置されるように、単位格子のサイズを計算し、それぞれの単位格子サイズについて中実部面積比率を計

算し、中実部面積比率が最大となる単位格子サイズを選ぶ。但し、ポジ型パターンの場合には単位中実部 1 4 b' の直径が  $15\ \mu\text{m}$  未満、ネガ型パターンの場合には開口部 1 4 a の直径が  $15\ \mu\text{m}$  未満になると、斜め電界による配向規制力が低下し、安定した放射状傾斜配向が得られ難くなる。なお、これら直径の下限値は、液晶層 3 0 の厚さが約  $3\ \mu\text{m}$  の場合であり、液晶層 3 0 の厚さがこれよりも薄いと、単位中実部 1 4 b' および開口部 1 4 a の直径は、上記の下限値よりもさらに小さくとも安定な放射状傾斜配向が得られ、液晶層 3 0 の厚さがこれよりも厚い場合に安定な放射状傾斜配向を得るために必要な、単位中実部 1 4 b' および開口部 1 4 a の直径の下限値は、上記の下限値よりも大きくなる。

## 【 0 1 0 6 】

なお、実施形態 2 で後述するように、開口部 1 4 a の内側に凸部を形成することによって、放射状傾斜配向の安定性を高めることができる。上述の条件は、いずれも、凸部を形成していない場合についてである。

## 【 0 1 0 7 】

図 1 1 ( a ) に示したようなポジ型パターンを採用する場合について、単位中実部 1 4 b' の形状および片側スペース  $s$  の値が異なる種々の絵素電極 1 4 を形成し、放射状傾斜配向の安定性や透過率の値などを検討した。また、セル厚（液晶層 3 0 の厚さ）を変化させたときの配向安定性についても検討した。なお、以下の検討においては、1 8 . 1 型の SXGA パネルを備えたノーマリブラックモードの液晶表示装置を用いた。

## 【 0 1 0 8 】

まず、図 1 2 ( a ) ～ ( d ) に示すような形状の単位中実部 1 4 b' を有する絵素電極 1 4 について、ピッチ  $p$  を  $42.5\ \mu\text{m}$  とし、片側スペース  $s$  を  $4.25\ \mu\text{m}$ 、 $3.5\ \mu\text{m}$ 、 $2.75\ \mu\text{m}$ 、セル厚を  $3.70\ \mu\text{m}$ 、 $4.15\ \mu\text{m}$  と変化させたときの配向安定性を評価した。1 8 . 1 型の SXGA パネルにおいては、ピッチ  $p$  が  $42.5\ \mu\text{m}$  であると、単位格子をもっとも効率よく（絵素領域において無駄なく）配置することができる。

## 【 0 1 0 9 】

図 1 2 ( a ) は、略円形に形成された単位中実部 1 4 b' を有する絵素電極 1

4 の単位格子を模式的に示す図であり、図 1 2 ( b ) および図 1 2 ( c ) は、角部が略円弧状の略正方形に形成された単位中実部 1 4 b' を有する絵素電極 1 4 の単位格子を模式的に示す図であり、図 1 2 ( d ) は、略正方形に形成された単位中実部 1 4 b' を有する絵素電極 1 4 の単位格子を模式的に示す図である。図 1 2 ( b ) および ( c ) に示す単位中実部は、略円弧状の角部の形状を近似的に表す曲率半径  $r$  と、単位中実部の一边の長さ  $L$  との比が、それぞれ  $1 : 3$  および  $1 : 4$  である点で互いに異なる。なお、図 1 2 ( a ) ~ ( d ) においては、図 1 における単位中実部 1 4 b' の相互に接続する役割を果たしている部分（円形部から四方にのびる枝部）を省略している。

#### 【 0 1 1 0 】

配向安定性の強弱は、例えば、動画表示時の残像の有無を調べることによって評価することができる。中間調表示状態の背景中に黒い四角（ボックス）が移動する画像を表示した場合、配向安定性の強弱の差が反映されやすく、配向安定性が比較的弱いと、白い尾引き残像が発生することがある。この白い尾引き残像は、液晶材料として、カイラル剤が添加されたネマチック液晶材料を用いた場合に発生することがある。白い尾引き残像が発生する原因については、後述するので、ここではその説明を省略する。

#### 【 0 1 1 1 】

表 2 に、上述のように種々のパラメータを変化させて、この白い尾引き残像の発生の程度の目視評価を行った結果を示す。なお、表 2 中においては、図 1 2 ( a ) ~ ( d ) に示した単位中実部 1 4 b' の形状のそれぞれを、円形、樽型 A、樽型 B、正方形として示している。また、表 2 中において、◎は、尾引き残像が観察されないことを示し、○は、尾引き残像がほとんど観察されないことを示し、△は、尾引き残像が観察されることを示す。

#### 【 0 1 1 2 】

【表 2】

片側スペース $s$ ( $\mu\text{m}$ )	4. 2 5		3. 5 0		2. 7 5	
セル厚 ( $\mu\text{m}$ )	3. 7 0	4. 1 5	3. 7 0	4. 1 5	3. 7 0	4. 1 5
円形	◎	◎	◎	◎	◎	○
樽型 A	◎	◎	△	△	△	△
樽型 B	◎	◎	△	△	△	△
正方形	◎	△	△	△	△	△

## 【0 1 1 3】

表 2 に示したように、単位中実部 1 4 b' の形状については、円形、樽型 A、樽型 B、正方形の順に、配向安定性が高い。これは、単位中実部 1 4 b' の形状が円形に近いほど、放射状傾斜配向状態における液晶分子 3 0 a の配向方向の連続性が高いためである。また、表 2 に示したように、片側スペース  $s$  の値が大きいほど、配向安定性が高い。これは、片側スペース  $s$  の値が大きいほど、斜め電界による配向規制効果が大きいためである。さらに、セル厚が薄いほど、配向安定性が高い。これは、セル厚が薄いほど、斜め電界による配向規制効果が大きいためである。

## 【0 1 1 4】

配向安定性を評価するために、押圧によるムラの発生度合い（押圧残像）についても評価を行ったところ、セル厚が薄いほど配向安定性が高いことが確認された。押圧残像の評価は、液晶表示装置のパネル面に応力を加えたときに発生する配向乱れが、応力を除いたときに表示ムラとして残存する程度を調べることによって評価した。

## 【0 1 1 5】

次に、配向安定性を評価したのと同様に種々のパラメータを変化させて、透過率の評価を行った。表 3 に、セル厚 3. 7 0  $\mu\text{m}$  の液晶表示装置について、白表示時（ここでは、液晶層に 6. 0 V の電圧印加時）の透過率測定の結果を示す。なお、表 3 中では、単位中実部 1 4 b' の形状が樽型 B であり、片側スペース  $s$  が 4. 2 5  $\mu\text{m}$  である絵素電極 1 4 を用いた液晶表示装置の透過率を 1 として、

透過率比を示している。また、表 3 中の括弧内の数値は透過率の実測値（白表示時のバックライト光源の光の強度を 1 0 0 としたときの正面透過率）を示している。

【0 1 1 6】

【表 3】

片側スペース $s$ ( $\mu\text{m}$ )	4. 2 5	3. 5 0	2. 7 5
円形	0. 8 8 5 (3. 0 6)	0. 9 1 7 (3. 1 7)	0. 9 4 0 (3. 2 5)
樽型 A	0. 9 5 3 (3. 2 9)	0. 9 8 9 (3. 4 2)	1. 0 2 4 (3. 5 4)
樽型 B	1. 0 0 0 (3. 4 5)	1. 0 3 1 (3. 5 6)	
正方形	1. 0 2 8 (3. 5 5)		

【0 1 1 7】

表 3 に示したように、単位中実部 1 4 b' の形状については、正方形、樽型 B、樽型 A、円形の順に、透過率が高い。これは、片側スペース  $s$  の値が同じである場合には、単位中実部 1 4 b' の形状が正方形に近いほど、中実部 1 4 b の面積比率が高いので、電極によって生成される電界の影響を直接的に受ける液晶層の面積（基板法線方向から見たときの平面内に規定される）が大きくなり、実効開口率が高くなるためである。また、表 3 に示したように、片側スペース  $s$  の値が小さいほど、透過率が高い。これは、片側スペース  $s$  の値が小さいほど、中実部 1 4 b の面積比率が高いので、実効開口率が高くなるためである。

【0 1 1 8】

上述したように、単位中実部 1 4 b' の形状が円形に近いほど、配向安定性が高く、片側スペース  $s$  の値が大きいほど、配向安定性が高い。また、セル厚が薄いほど、配向安定性が高い。

## 【0 1 1 9】

さらに、中実部 1 4 b の面積比率が高いほど、実効開口率が向上するので、単位中実部 1 4 b' の形状が正方形（あるいは矩形）に近いほど、透過率が高く、片側スペース s の値が小さいほど、透過率が高い。

## 【0 1 2 0】

従って、所望する配向安定性と、透過率とを考慮して、単位中実部 1 4 b' の形状、片側スペース s の値およびセル厚を決定すればよい。

## 【0 1 2 1】

図 1 2 (b) および (c) に示したように、単位中実部 1 4 b' が、角部が略円弧状の略正方形であると、配向安定性および透過率の両方を比較的高くすることができる。勿論、単位中実部 1 4 b' が、角部が略円弧状の略矩形であっても上述の効果が得られる。なお、導電膜から形成される単位中実部 1 4 b' の角部は、製造工程上の制約から、厳密には、円弧状ではなく、鈍角化された多角形状（90°を超える複数の角で構成された形状）となることもあり、4分の1円弧状や規則的な多角形状（例えば正多角形の一部）だけでなく、若干ひずんだ円弧状（楕円の一部など）やいびつな多角形状となることもある。また、曲線と鈍角との組み合わせによって構成された形状となることもある。本願明細書においては、上述した形状も含めて略円弧状と称する。なお、同様の製造工程上の理由から、図 1 2 (a) に示したような略円形の単位中実部 1 4 b' の場合にも、厳密な円ではなく、多角形状や若干ひずんだ形状となることがある。

## 【0 1 2 2】

表 2 および表 3 に配向安定性および透過率を示した液晶表示装置においては、例えば、単位中実部の形状が樽型 B、片側スペース s が 4. 25  $\mu\text{m}$  の絵素電極 1 4 を用いることによって、配向安定性および透過率の両方を比較的高くすることができる。

## 【0 1 2 3】

上述した実施形態 1 の液晶表示装置の構成は、絵素電極 1 4 が開口部 1 4 a を有する電極であること以外は、公知の垂直配向型液晶表示装置と同じ構成を採用することができ、公知の製造方法で製造することができる。

## 【 0 1 2 4 】

なお、典型的には、負の誘電異方性を有する液晶分子を垂直配向させるために、絵素電極 1 4 および対向電極 2 2 の液晶層 3 0 側表面には垂直配向層（不図示）が形成されている。

## 【 0 1 2 5 】

液晶材料としては、負の誘電異方性を有するネマチック液晶材料が用いられる。また、負の誘電異方性を有するネマチック液晶材料に 2 色性色素添加することによって、ゲストーホストモードの液晶表示装置を得ることもできる。ゲストーホストモードの液晶表示装置は、偏光板を必要としない。

## 【 0 1 2 6 】

## （実施形態 2）

図 1 3（a）および（b）を参照しながら、本発明による実施形態 2 の液晶表示装置 2 0 0 の 1 つの絵素領域の構造を説明する。また、以下の図面においては、液晶表示装置 1 0 0 の構成要素と実質的に同じ機能を有する構成要素を同じ参照符号で示し、その説明を省略する。図 1 3（a）は基板法線方向から見た上面図であり、図 1 3（b）は図 1（a）中の 1 3 B - 1 3 B' 線に沿った断面図に相当する。図 1 3（b）は、液晶層に電圧を印加していない状態を示している。

## 【 0 1 2 7 】

図 1 3（a）および（b）に示したように、液晶表示装置 2 0 0 は、T F T 基板 2 0 0 a が、絵素電極 1 4 の開口部 1 4 a の内側に凸部 4 0 を有する点において、図 1（a）および（b）に示した実施形態 1 の液晶表示装置 1 0 0 と異なっている。凸部 4 0 の表面には、垂直配向膜（不図示）が設けられている。

## 【 0 1 2 8 】

凸部 4 0 の基板 1 1 の面内方向の断面形状は、図 1 3（a）に示したように、開口部 1 4 a の形状と同じであり、ここでは略星形である。但し、隣接する凸部 4 0 は互いに繋がっており、単位中実部 1 4 b' を略円形に完全に包囲するように形成されている。この凸部 4 0 の基板 1 1 に垂直な面内方向の断面形状は、図 1 3（b）に示したように台形である。すなわち、基板面に平行な頂面 4 0 t と基板面に対してテーパ角  $\theta$  ( $< 90^\circ$ ) で傾斜した側面 4 0 s とを有している。



凸部 4 0 を覆うように垂直配向膜（不図示）が形成されているので、凸部 4 0 の側面 4 0 s は、液晶層 3 0 の液晶分子 3 0 a に対して、斜め電界による配向規制方向と同じ方向の配向規制力を有することになり、放射状傾斜配向を安定化させるように作用する。

## 【 0 1 2 9 】

この凸部 4 0 の作用を図 1 4 （ a ） ～ （ d ） 、 および図 1 5 （ a ） および （ b ） を参照しながら説明する。

## 【 0 1 3 0 】

まず、図 1 4 （ a ） ～ （ d ） を参照しながら、液晶分子 3 0 a の配向と垂直配向性を有する表面の形状との関係を説明する。

## 【 0 1 3 1 】

図 1 4 （ a ） に示したように、水平な表面上の液晶分子 3 0 a は、垂直配向性を有する表面（典型的には、垂直配向膜の表面）の配向規制力によって、表面に対して垂直に配向する。このように垂直配向状態にある液晶分子 3 0 a に液晶分子 3 0 a の軸方位に対して垂直な等電位線 E Q で表される電界が印加されると、液晶分子 3 0 a には時計回りまたは反時計回り方向に傾斜させるトルクが等しい確率で作用する。従って、互いに対向する平行平板型配置の電極間にある液晶層 3 0 内には、時計回り方向のトルクを受ける液晶分子 3 0 a と、反時計回りに方向のトルクを受ける液晶分子 3 0 a とが混在する。その結果、液晶層 3 0 に印加された電圧に応じた配向状態への変化がスムーズに起こらないことがある。

## 【 0 1 3 2 】

図 1 4 （ b ） に示したように、傾斜した表面に対して垂直に配向している液晶分子 3 0 a に対して、水平な等電位線 E Q で表される電界が印加されると、液晶分子 3 0 a は、等電位線 E Q と平行になるための傾斜量が少ない方向（図示の例では時計回り）に傾斜する。また、水平な表面に対して垂直に配向している液晶分子 3 0 a は、図 1 4 （ c ） に示したように、傾斜した表面に対して垂直に配向している液晶分子 3 0 a と配向が連続となるように（整合するように）、傾斜した表面上に位置する液晶分子 3 0 a と同じ方向（時計回り）に傾斜する。

## 【 0 1 3 3 】

図 1 4 (d) に示したように、断面が台形の連続した凹凸状の表面に対しては、それぞれの傾斜した表面上の液晶分子 3 0 a によって規制される配向方向と整合するように、頂面および底面上の液晶分子 3 0 a が配向する。

#### 【 0 1 3 4 】

本実施形態の液晶表示装置は、このような表面の形状（凸部）による配向規制力の方向と、斜め電界による配向規制方向とを一致させることによって、放射状傾斜配向を安定化させる。

#### 【 0 1 3 5 】

図 1 5 (a) および (b) は、それぞれ図 1 3 (b) に示した液晶層 3 0 に電圧を印加した状態を示しており、図 1 5 (a) は、液晶層 3 0 に印加された電圧に応じて、液晶分子 3 0 a の配向が変化し始めた状態（ON 初期状態）を模式的に示しており、図 1 5 (b) は、印加された電圧に応じて変化した液晶分子 3 0 a の配向が定常状態に達した状態を模式的に示している。図 1 5 (a) および (b) 中の曲線 E Q は等電位線 E Q を示す。

#### 【 0 1 3 6 】

絵素電極 1 4 と対向電極 2 2 とが同電位するとき（液晶層 3 0 に電圧が印加されていない状態）には、図 1 3 (b) に示したように、絵素領域内の液晶分子 3 0 a は、両基板 1 1 および 2 1 の表面に対して垂直に配向している。このとき、凸部 4 0 の側面 4 0 s の垂直配向膜（不図示）に接する液晶分子 3 0 a は、側面 4 0 s に対して垂直に配向し、側面 4 0 s の近傍の液晶分子 3 0 a は、周辺の液晶分子 3 0 a との相互作用（弾性体としての性質）によって、図示したように、傾斜した配向をとる。

#### 【 0 1 3 7 】

液晶層 3 0 に電圧を印加すると、図 1 5 (a) に示した等電位線 E Q で表される電位勾配が形成される。この等電位線 E Q は、絵素電極 1 4 の中実部 1 4 b と対向電極 2 2 との間に位置する液晶層 3 0 内では、中実部 1 4 b および対向電極 2 2 の表面に対して平行であり、絵素電極 1 4 の開口部 1 4 a に対応する領域で落ち込み、開口部 1 4 a のエッジ部（開口部 1 4 a の境界（外延）を含む開口部 1 4 a の内側周辺） E G 上の液晶層 3 0 内には、傾斜した等電位線 E Q で表され

る斜め電界が形成される。

#### 【0138】

この斜め電界によって、上述したように、エッジ部EG上の液晶分子30aは、図15(a)中に矢印で示したように、図中の右側エッジ部EGでは時計回り方向に、図中の左側エッジ部EGでは反時計回り方向に、それぞれ傾斜(回転)し、等電位線EQに平行に配向する。この斜め電界による配向規制方向は、それぞれのエッジ部EGに位置する側面40sによる配向規制方向と同じである。

#### 【0139】

上述したように、傾斜した等電位線EQ上に位置する液晶分子30aから始まる配向の変化が進み、定常状態に達すると、図15(b)に模式的に示した配向状態となる。開口部14aの中央付近、すなわち、凸部40の頂面40tの中央付近に位置する液晶分子30aは、開口部14aの互いに対向する両側のエッジ部EGの液晶分子30aの配向の影響をほぼ同等に受けるので、等電位線EQに対して垂直な配向状態を保ち、開口部14a(凸部40の頂面40t)の中央から離れた領域の液晶分子30aは、それぞれ近い方のエッジ部EGの液晶分子30aの配向の影響を受けて傾斜し、開口部14a(凸部40の頂面40t)の中心SAに関して対称な傾斜配向を形成する。また、開口部14aおよび凸部40によって実質的に包囲された単位中実部14b'に対応する領域においても、単位中実部14b'の中心SAに関して対称な傾斜配向を形成する。

#### 【0140】

このように、実施形態2の液晶表示装置200においても、実施形態1の液晶表示装置100と同様に、放射状傾斜配向を有する液晶ドメインが開口部14aおよび単位中実部14b'に対応して形成される。凸部40は単位中実部14b'を略円形に完全に包囲するように形成されているので、液晶ドメインは凸部40で包囲された略円形の領域に対応して形成される。さらに、開口部14aの内側に設けられた凸部40の側面は、開口部14aのエッジ部EG付近の液晶分子30aを、斜め電界による配向方向と同じ方向に傾斜させるように作用するので、放射状傾斜配向を安定化させる。

#### 【0141】

斜め電界による配向規制力は、当然のことながら、電圧印加時にしか作用せず、その強さは電界の強さ（印加電圧の大きさ）に依存する。したがって、電界強度が弱い（すなわち、印加電圧が低い）と、斜め電界による配向規制力は弱く、液晶パネルに外力が加わると、液晶材料の流動によって放射状傾斜配向が崩れることがある。一旦、放射状傾斜配向が崩れると、十分に強い配向規制力を発揮する斜め電界を生成するだけの電圧が印加されないと、放射状傾斜配向は復元されない。これに対し、凸部 4 0 の側面 4 0 s による配向規制力は、印加電圧に関係なく作用し、配向膜のアンカリング効果として知られているように、非常に強い。従って、液晶材料の流動が生じて、一旦放射状傾斜配向が崩れても、凸部 4 0 の側面 4 0 s の近傍の液晶分子 3 0 a は放射状傾斜配向のときと同じ配向方向を維持している。従って、液晶材料の流動が止まりさえすれば、放射状傾斜配向が容易に復元される。

#### 【 0 1 4 2 】

この様に、実施形態 2 の液晶表示装置 2 0 0 は、実施形態 1 の液晶表示装置 1 0 0 が有する特徴に加え、外力に対して強いという特徴を有している。従って、液晶表示装置 2 0 0 は、外力が印加されやすい、携帯して使用される機会の多い P C や P D A に好適に用いられる。

#### 【 0 1 4 3 】

なお、凸部 4 0 は透明性の高い誘電体を用いて形成すると、開口部 1 4 a に対応して形成される液晶ドメインの表示への寄与率が向上するという利点を得られる。一方、凸部 4 0 を不透明な誘電体を用いて形成すると、凸部 4 0 の側面 3 4 0 s によって傾斜配向している液晶分子 3 0 a のリタデーションに起因する光漏れを防止できるという利点を得られる。いずれを採用するかは、液晶表示装置の用途などの応じて決めればよい。いずれの場合にも、感光性樹脂を用いると、開口部 1 4 a に対応してパターンニングする工程を簡略化できる利点がある。十分な配向規制力を得るためには、凸部 4 0 の高さは、液晶層 3 0 の厚さが約  $3 \mu\text{m}$  の場合、約  $0.5 \mu\text{m}$  ～ 約  $2 \mu\text{m}$  の範囲にあることが好ましい。一般に、凸部 4 0 の高さは、液晶層 3 0 の厚さの約  $1/6$  ～ 約  $2/3$  の範囲内にあることが好ましい。

## 【0144】

上述したように、液晶表示装置200は、絵素電極14の開口部14aの内側に凸部40を有し、凸部40の側面40sは、液晶層30の液晶分子30aに対して、斜め電界による配向規制方向と同じ方向の配向規制力を有する。側面40sが斜め電界による配向規制方向と同じ方向の配向規制力を有するための好ましい条件を図16(a)～(c)を参照しながら説明する。

## 【0145】

図16(a)～(c)は、それぞれ液晶表示装置200A、200Bおよび200Cの断面図を模式的に示し、図15(a)に対応する。液晶表示装置200A、200Bおよび200Cは、いずれも開口部40の内側に凸部を有するが、1つの構造体としての凸部40全体と開口部40との配置関係が液晶表示装置200と異なっている。

## 【0146】

上述した液晶表示装置200においては、図15(a)に示したように、構造体としての凸部40の全体が開口部40aの内側に形成されており、且つ、凸部40の底面は開口部40aよりも小さい。図16(a)に示した液晶表示装置200Aにおいては、凸部40Aの底面は開口部14aと一致しており、図16(b)に示した液晶表示装置200Bにおいては、凸部40Bは開口部14aよりも大きい底面を有し、開口部14aの周辺の中実部(導電膜)14bを覆うように形成されている。これらの凸部40、40Aおよび40Bのいずれの側面40s上にも中実部14bが形成されていない。その結果、それぞれの図に示したように、等電位線EQは、中実部14b上ではほぼ平坦で、そのまま開口部14aで落ち込む。従って、液晶表示装置200Aおよび200Bの凸部40Aおよび40Bの側面40sは、上述した液晶表示装置200の凸部40と同様に、斜め電界による配向規制力と同じ方向の配向規制力を発揮し、放射状傾斜配向を安定化する。

## 【0147】

これに対し、図16(c)に示した液晶表示装置200Cの凸部40Cの底面は開口部14aよりも大きく、開口部14aの周辺の中実部14bは凸部40C

の側面 4 0 s 上に形成されている。この側面 4 0 s 上に形成された中実部 1 4 b の影響で、等電位線 E Q に山が形成される。等電位線 E Q の山は、開口部 1 4 a で落ち込む等電位線 E Q と反対の傾きを有しており、これは、液晶分子 3 0 a を放射状傾斜配向させる斜め電界とは逆向きの斜め電界を生成していることを示している。従って、側面 4 0 s が斜め電界による配向規制方向と同じ方向の配向規制力を有するためには、側面 4 0 s 上に中実部（導電膜） 1 4 b が形成されていないことが好ましい。

#### 【 0 1 4 8 】

次に、図 1 7 を参照しながら、図 1 3 ( a ) に示した凸部 4 0 の 1 7 A - 1 7 A' 線に沿った断面構造を説明する。

#### 【 0 1 4 9 】

上述したように、図 1 3 ( a ) に示した凸部 4 0 は、単位中実部 1 4 b' を略円形に完全に包囲するように形成されているので、隣接する単位中実部 1 4 b' の相互に接続する役割を果たしている部分（円形部から四方に枝部）は、図 1 7 に示したように、凸部 4 0 上に形成される。従って、絵素電極 1 4 の中実部 1 4 b を形成する導電膜を堆積する工程において、凸部 4 0 上で断線が生じたり、あるいは、製造プロセスの後工程で剥離が生じる危険性が高い。

#### 【 0 1 5 0 】

そこで、図 1 8 ( a ) および ( b ) に示す液晶表示装置 2 0 0 D のように、開口部 1 4 a 内に、それぞれ独立した凸部 4 0 D が完全に含まれるように形成すると、中実部 1 4 b を形成する導電膜は、基板 1 1 の平坦な表面に形成されるので断線や剥離が起こる危険性が無くなる。なお、凸部 4 0 D は、単位中実部 1 4 b' を略円形に完全に包囲するようには形成されていないが、単位中実部 1 4 b' に対応した略円形の液晶ドメインが形成され、先の例と同様に、その放射状傾斜配向は安定化される。

#### 【 0 1 5 1 】

開口部 1 4 a 内に凸部 4 0 を形成することによって、放射状傾斜配向を安定化させる効果は、例示したパターンの開口部 1 4 a に限られず、実施形態 1 で説明した全てのパターンの開口部 1 4 a に対して同様に適用でき、同様の効果を得る

ことができる。なお、凸部 4 0 による外力に対する配向安定化効果を十分に発揮させるためには、凸部 4 0 のパターン（基板法線方向から見たときにパターン）は、できるだけ広い領域の液晶層 3 0 を包囲する形状であることが好ましい。従って、例えば、円形の開口部 1 4 a を有するネガ型パターンよりも、円形の単位中実部 1 4 b' を有するポジ型パターンの方が、凸部 4 0 による配向安定化効果が大きい。

#### 【0 1 5 2】

##### （偏光板、位相差板の配置）

負の誘電率異方性を有する液晶分子が電圧無印加時に垂直配向する液晶層を備える、いわゆる垂直配向型液晶表示装置は、種々の表示モードで表示を行うことができる。例えば、液晶層の複屈折率を電界によって制御することによって表示する複屈折モードの他に、旋光モードや旋光モードと複屈折モードとを組み合わせる表示モードに適用される。先の実施形態 1 および 2 で説明した全ての液晶表示装置の一对の基板（例えば、T F T 基板と対向基板）の外側（液晶層 3 0 と反対側）に一对の偏光板を設けることによって、複屈折モードの液晶表示装置を得ることができる。また、必要に応じて、位相差補償素子（典型的には位相差板）を設けてもよい。更に、略円偏光を用いても明るい液晶表示装置を得ることができる。

#### 【0 1 5 3】

図 5（b）および（c）に示したように、液晶ドメインが渦巻き状の放射状傾斜配向状態をとる構成を有する液晶表示装置においては、偏光板の配置を最適化することによって、表示品位をさらに向上することが可能となる。以下、偏光板の好ましい配置について説明する。ここでは、一对の基板（例えば T F T 基板および対向基板）の外側に設けられ、偏光軸が互いに略直交するように配置された一对の偏光板を有し、ノーマリブラックモードで表示を行う液晶表示装置を例に説明する。渦巻き状の放射状傾斜配向状態は、例えば、負の誘電異方性を有するネマチック液晶材料にカイラル剤が添加された材料を用いることによって実現される。なお、以下の説明においては、「渦巻き状の放射状傾斜配向」を、単に「渦巻き配向」ともよぶ。

## 【 0 1 5 4 】

まず、図 1 9 ( a ) 、 ( b ) および ( c ) を参照しながら、液晶ドメインが渦巻き配向状態をとるときの液晶分子の配向状態について説明する。図 1 9 ( a ) は、液晶層に電圧が印加された直後の液晶分子の配向状態を模式的に示す図であり、図 1 9 ( b ) および ( c ) は配向安定時（定常状態）の液晶分子の配向状態を模式的に示す図である。

## 【 0 1 5 5 】

液晶層に電圧が印加された直後には、複数の液晶ドメインにおいて、液晶分子 3 0 a は、図 1 9 ( a ) に示すように単純な放射状傾斜配向をとる。その後、さらに配向が進むと、液晶分子 3 0 a は液晶層の面内方向において所定の方に傾斜し、配向安定時（定常状態）には、図 1 9 ( b ) または ( c ) に示すように、液晶分子 3 0 a は右回りまたは左回りの渦巻き配向状態をとる。

## 【 0 1 5 6 】

このとき、液晶分子 3 0 a が左回り（反時計回り）に傾斜すると、図 1 9 ( b ) に示すように液晶ドメインは右回りの渦巻き配向状態となり、液晶分子 3 0 a が右回り（時計回り）に傾斜すると、図 1 9 ( c ) に示すように左回りの渦巻き配向状態となる。右回りとなるか左回りとなるかは、例えば、添加するカイラル剤の種類によって決定される。

## 【 0 1 5 7 】

液晶分子 3 0 a の面内方向における傾斜の程度は、図 1 9 ( b ) および図 1 9 ( c ) に示すように、複数の液晶ドメインのそれぞれにおいて、これらの液晶ドメインの中心に対して表示面 1 2 時方向（表示面の上方であり、以下、単に 1 2 時方向ともよぶ。）に位置する液晶分子 3 0 a ' が表示面 1 2 時方向に対してなす角度  $\theta$  によって規定される。液晶ドメインの中心は、典型的には、開口部の中心または中実部の中心とほぼ一致する。

## 【 0 1 5 8 】

上述の位置に存在する液晶分子 3 0 a ' には、実際には、 $\theta$  と異なる角度で傾斜しているものもある。本願明細書においては、表示面 1 2 時方向と上述の液晶分子 3 0 a ' とがなす角度（傾斜角度）に対するそれぞれの液晶分子 3 0 a ' の



存在確率を調べたときに、もっとも存在確率の高い液晶分子 30 a' に対応する傾斜角度を  $\theta$  と定義する。典型的には、液晶層の厚さ方向における中央付近の液晶分子 30 a' が、12 時方向となす角度が  $\theta$  とほぼ一致する。なお、液晶分子 30 a' が 12 時方向に対してなす角度は、厳密には、液晶分子 30 a' の配向方向の方位角方向と、12 時方向とがなす角度である。

## 【0159】

上述のように液晶ドメインが渦巻き配向状態をとるような構成を有する液晶表示装置においては、一对の偏光板の一方の偏光軸が、上述の液晶分子が傾斜している方向と同一の方向に、12 時方向に対して  $0^\circ$  を超え  $2\theta$  未満の角度で傾斜しているように偏光板を配置することによって、液晶ドメインが渦巻き配向状態をとるときの光の透過率を向上することができ、明るい表示が実現される。以下、例示しながらさらに詳しく説明する。

## 【0160】

まず、図 20 を参照しながら、白表示状態、すなわち、液晶層に所定の電圧が印加されて液晶ドメインが渦巻き状の放射状傾斜配向状態をとっている状態において、一对の偏光板をクロスニコル状態を保ったまま液晶パネルに対して回転させ、偏光軸の 12 時方向に対する傾斜角度を変化させたときの透過率変化について説明する。図 20 は、カイラルピッチが  $16\mu\text{m}$  の液晶材料からなる液晶層（厚さが  $3.8\mu\text{m}$ ）を備えた液晶表示装置の白表示状態における透過率を縦軸に示し、偏光軸が 12 時方向に対してなす角度を縦軸に示すグラフである。ここでは、偏光軸が 12 時方向に対してなす角度が  $0^\circ$  のときの透過率を 100% としている。また、この液晶表示装置が有する液晶層の液晶分子は、配向安定時に図 19 (b) に示したように右回りの渦巻き配向をとり、12 時方向に位置する液晶分子は、12 時方向に対して左回りに約  $13^\circ$  傾斜する（すなわち、 $\theta \approx 13^\circ$  である）。なお、以降の図面においては、とくにことわらない限り、上述の液晶表示装置（配向安定時に液晶分子が右回りの渦巻き配向をとり、12 時方向に位置する液晶分子が 12 時方向に対して左回りに約  $13^\circ$  傾斜する構成を有する液晶表示装置）について示している。

## 【0161】

図 2 0 に示すように、偏光軸を 1 2 時方向に対して左回りに傾斜させていくにつれて透過率が向上し、偏光軸が 1 2 時方向に対してなす角度が約  $13^{\circ}$ （すなわち  $\theta$ ）のときに透過率が最大となる。偏光軸をさらに傾斜させていくと透過率が減少し、偏光軸が 1 2 時方向に対してなす角度が約  $26^{\circ}$ （すなわち  $2\theta$ ）のときに  $0^{\circ}$  のときの透過率と同じになり、 $26^{\circ}$  を超えると  $0^{\circ}$  のときよりも透過率が低下する。

## 【 0 1 6 2 】

光の透過率が上述のように変化するの、1 2 時方向に対する偏光軸の傾斜角度に応じて、液晶ドメインにおける遮光領域の面積が変化するためである。遮光領域は、偏光軸に対して垂直方向または平行方向に配向している液晶分子によって規定される領域であり、この領域の液晶層は入射光に対してほとんど位相差を与えない。従って、この領域を通過する入射光はほとんど透過率に寄与しない。そのため、液晶ドメインが渦巻き配向状態をとるときの透過率は遮光領域の面積に依存し、遮光領域の面積が大きいほど透過率は低く、遮光領域の面積が小さいほど透過率は高い。

## 【 0 1 6 3 】

図 2 1 (a) および (b) と、図 2 2 (a) および (b) とを参照しながら、偏光軸の傾斜角度に応じた遮光領域の変化について説明する。図 2 1 (a) および (b) は、偏光軸が 1 2 時方向に対して平行に設けられているときの液晶ドメインにおける遮光領域 S R を模式的に示す図であり、図 2 2 (a) および (b) は、偏光軸が 1 2 時方向に対して約  $13^{\circ}$  の角度をなすように設けられているときの液晶ドメインにおける遮光領域 S R を模式的に示す図である。

## 【 0 1 6 4 】

図 2 1 (a) に示すように、偏光軸が 1 2 時方向に対して平行に設けられている場合には、遮光領域 S R は、図 2 1 (b) に示すように、液晶ドメインの中心に対して 1 2 時方向、3 時方向、6 時方向および 9 時方向から右回りにずれた方向に観察される。これに対して、図 2 2 (a) に示すように、偏光軸が 1 2 時方向に対して約  $13^{\circ}$  の角度をなすように設けられている場合には、図 2 2 (b) に示すように、遮光領域 S R は、液晶ドメインの中心に対して 1 2 時方向、3 時

方向、6時方向および9時方向に観察される。

【0165】

図21(b)に示したように偏光軸が12時方向に対して平行に設けられている場合の遮光領域SRの面積を $S_1$ とし、図22(b)に示したように偏光軸が12時方向に対して約 $13^\circ$ （すなわち $\theta$ ）の角度をなすように設けられている場合の遮光領域SRの面積を $S_2$ とすると、 $S_1$ は $S_2$ よりも大きい（ $S_1 > S_2$ ）。これは、偏光軸が12時方向に対して平行に設けられている場合よりも、偏光軸が12時方向に対して約 $13^\circ$ の角度をなすように設けられている場合の方が、偏光軸に対して垂直方向または平行方向に配向している液晶分子の存在確率が低いためである。

【0166】

上述したように液晶ドメインの中心に対して12時方向に位置する液晶分子が12時方向に対してなす角度を $\theta$ とするとき、偏光板の偏光軸（一对の偏光板の一方の偏光軸）が、上述の液晶分子が12時方向に対して傾斜している方向と同一の方向に、12時方向に対して $0^\circ$ を超え $2\theta$ 未満の角度で傾斜しているように偏光板を配置すると、偏光軸が12時方向に対して平行に設けられているときよりも、偏光軸に対して垂直方向または平行方向に配向している液晶分子の存在確率が低くなる。そのため、上述のように偏光板を配置することによって、液晶ドメインが渦巻き状の放射状傾斜配向状態をとるときの光の透過率が向上し、明るい表示が実現される。

【0167】

さらに、図22(a)に示したように、偏光板の偏光軸が $\theta$ と略同一の角度で傾斜しているように偏光板を配置すると、図22(b)に示したように、遮光領域SRは液晶ドメインの中心に対して12時方向、3時方向、6時方向および9時方向に位置し、偏光軸に対して垂直方向または平行方向に配向している液晶分子の存在確率がもっとも低くなる。そのため、このように偏光板を配置することによって、光の透過率がさらに向上し、一層明るい表示が実現される。

【0168】

上記の説明においては、透過率の向上の観点から偏光板の好ましい配置につい

て説明したが、一对の偏光板の一方の偏光軸が、上述の液晶分子が傾斜している方向と同一の方向に、12時方向に対して $0^\circ$ を超え $\theta$ 以下の角度で傾斜しているように偏光板を配置することによって、明るい表示が実現されるとともに、後述する白尾引き現象（白い尾引き残像が観察される現象）および黒尾引き現象（黒い尾引き残像が観察される現象）の発生が抑制され、高品位の表示が実現される。

## 【0169】

白尾引き現象は、例えば、中間調表示状態の背景中に黒い四角（ボックス）が移動する画像を液晶表示装置に表示した場合に発生することがある。図23は、白尾引き現象を模式的に示す図である。図23に示すように、中間調の背景中に黒い四角（ボックス）が図中左から右に移動する画像を表示すると、黒い四角の左側に中間調よりも輝度の高い領域が存在し、白い尾引き残像として観察されることがある。

## 【0170】

上述の白尾引き現象は、例えば、偏光板の偏光軸が12時方向に対して平行に設けられている場合に比較的発生しやすい。これに対して、例えば、図20にその透過率変化を示した液晶表示装置においては、偏光軸を12時方向に対して約 $13^\circ$ の角度で傾斜しているように配置することによって、図24に示すように、中間調の背景中に黒い四角（ボックス）が図中左から右に移動する画像を表示したときの白尾引き現象の発生が防止される。

## 【0171】

この理由を、図25（a）～（c）および図26（a）～（c）を参照しながら説明する。図25（a）～（c）は、偏光板の偏光軸が12時方向に対して平行に設けられている場合の液晶ドメインにおける遮光領域SRを模式的に示す図であり、図25（a）は、このときの偏光板の偏光軸を示し、図25（b）は、液晶層に電圧が印加された直後の遮光領域SRを示し、図25（c）は、配向安定時（定常状態）における遮光領域SRを示す。図26（a）～（c）は、偏光板の偏光軸が12時方向に対して約 $13^\circ$ の角度で傾斜しているように設けられている場合の液晶ドメインにおける遮光領域SRを模式的に示す図であり、図2

6 (a) は、このときの偏光板の偏光軸を示し、図 2 6 (b) は、液晶層に電圧が印加された直後の遮光領域 S R を示し、図 2 6 (c) は、配向安定時（定常状態）における遮光領域 S R を示す。

#### 【 0 1 7 2 】

まず、図 2 5 (a) に示すように、一対の偏光板の一方の偏光軸が 1 2 時方向に対して平行に設けられている場合について説明する。このように偏光板が設けられていると、電圧印加直後の液晶分子が単純な放射状傾斜配向をとっているときには、遮光領域 S R は、図 2 5 (b) に示すように、液晶ドメインの中心に対して 1 2 時方向、3 時方向、6 時方向および 9 時方向に観察される。また、配向安定時には、遮光領域 S R は、図 2 5 (c) に示すように、液晶ドメインの中心に対して 1 2 時方向、3 時方向、6 時方向および 9 時方向から右回りにずれた方向に観察される。

#### 【 0 1 7 3 】

図 2 5 (b) に示した電圧印加直後の遮光領域 S R の面積を  $S 1'$ 、図 2 5 (c) に示した配向安定時の遮光領域 S R の面積を  $S 1$  とすると、 $S 1$  は  $S 1'$  よりも大きく、配向安定時の透過率よりも電圧印加直後の透過率の方が高い。そのため、図 2 3 に示したように、中間調の背景中に黒い四角（ボックス）が図中左から右に移動する画像を表示する場合、黒い四角が通過した直後の絵素領域、すなわち、黒表示状態から中間調表示状態に変化する絵素領域は、過渡的に、中間調状態の透過率（配向安定時の透過率）よりも透過率が高い状態となるので、白い尾引き残像として観察される。

#### 【 0 1 7 4 】

これに対して、図 2 6 (a) に示すように、一対の偏光板の一方の偏光軸が 1 2 時方向に対して約  $13^\circ$  の角度で傾斜しているように設けられていると、電圧印加直後の液晶分子が単純な放射状傾斜配向をとっているときには、遮光領域 S R は、図 2 6 (b) に示すように、液晶ドメインの中心に対して 1 2 時方向、3 時方向、6 時方向および 9 時方向から左回りにずれた方向に観察される。また、配向安定時には、遮光領域 S R は、図 2 6 (c) に示すように、液晶ドメインの中心に対して 1 2 時方向、3 時方向、6 時方向および 9 時方向に観察される。

## 【0175】

図26(b)に示した電圧印加直後の遮光領域SRの面積を $S2'$ 、図25(c)に示した配向安定時の遮光領域SRの面積を $S2$ とすると、 $S2$ は $S2'$ よりも小さく、電圧印加直後の透過率よりも配向安定時の透過率の方が高い。さらに、偏光板がこのように配置されている場合には、配向安定時において透過率をもっとも高くなる。そのため、図24に示したように中間調の背景中に黒い四角(ボックス)が図中左から右に移動する画像を表示する場合、黒い四角が通過した直後の絵素領域、すなわち、黒表示状態から中間調表示状態に変化する絵素領域は、中間調状態の透過率(配向安定時の透過率)よりも透過率が高い状態を過渡的に経ることがない。その結果、このように偏光板が配置されている液晶表示装置においては白尾引き現象の発生が確実に防止される。

## 【0176】

図27に、偏光軸が12時方向に対して平行に設けられている場合と、偏光軸が12時方向に対して約 $13^\circ$ の角度で傾斜しているように設けられている場合とについて、ある絵素領域を黒表示状態から中間調表示状態に変化させたときの透過率の時間変化を示す。ここでは、中間調状態の透過率を1.00とし、この絵素領域の液晶層に電圧が印加されたときを0secとしている。

## 【0177】

偏光軸が12時方向に対して平行に設けられている場合には、図27中に実線で示すように、電圧印加直後に透過率が1.00を大きく超え、その後、所定の透過率(中間調状態の透過率)になる。そのため、このように偏光板を配置した場合には白尾引き現象が発生することがある。

## 【0178】

これに対して、偏光軸が12時方向に対して約 $13^\circ$ の角度で傾斜しているように設けられている場合には、図27中に一点鎖線で示すように、電圧印加直後に透過率が1.00を大きく超えることがない。そのため、このように偏光板を配置した場合には白尾引き現象の発生が確実に防止される。

## 【0179】

上記の説明においては、白尾引き現象の発生を防止するための偏光板の配置例

として、偏光軸が12時方向に対して約 $13^{\circ}$ の角度（すなわち $\theta$ ）で傾斜している場合を例に説明した。偏光板がこのように配置されている場合には、上述したように、配向安定時にもっとも透過率が高くなるので、白尾引き現象の発生が確実に防止される。

#### 【0180】

しかしながら、白尾引き現象の発生を抑制するための構成は、このように配向安定時にもっとも透過率が高くなるような構成に限定されず、過渡的にとるもっとも高い透過率と配向安定時の透過率との差が、偏光軸が12時方向に対して平行に設けられている場合に比べて小さくなるような構成とすることによって、白尾引き現象の発生が抑制される。

#### 【0181】

例えば、偏光軸が12時方向に対して液晶分子の傾斜方向と同一の方向に $0^{\circ}$ を超え $\theta$ 以下の角度で傾斜しているように構成すると、白尾引き現象の発生が抑制され、高品位の表示が実現される。また、偏光軸を上述の角度範囲内に設定すると、白尾引き現象の発生が抑制されるだけでなく、配向安定時の透過率が向上し、明るい表示が実現される。上述の角度範囲内においては、偏光軸の傾斜角が大きいほど、白尾引き現象がより発生しにくくなる。偏光軸の傾斜角が $\theta/2$ と略同一の角度で傾斜していると、白尾引き現象の発生が実質的に防止される。

#### 【0182】

白尾引き現象の発生を抑制するための構成は、例示した構成に限定されないが、偏光板の配置によっては、絵素領域を黒表示状態から中間調表示状態に変化させる際の透過率の変化がゆるやかになりすぎ、黒尾引き現象が発生することがある。

#### 【0183】

黒尾引き現象は、白尾引き現象と同様に、例えば、中間調表示状態の背景中に黒い四角（ボックス）が移動する画像を液晶表示装置に表示した場合に発生することがある。図28は、黒尾引き現象を模式的に示す図である。図28に示すように、中間調の背景中に黒い四角（ボックス）が図中左から右に移動する画像を表示すると、黒い四角の左側に、黒表示状態よりは輝度が高く中間調状態よりは

輝度が低い領域が存在し、黒い尾引き残像として観察されることがある。

【 0 1 8 4 】

上述の黒尾引き現象は、偏光板の偏光軸が 1 2 時方向に対して  $\theta$  を超える角度で設けられている場合に比較的発生しやすい。例えば、偏光軸が 1 2 時方向に対して約  $20^\circ$  で傾斜していると、図 2 7 中に二点鎖線で模式的に示すように、黒表示状態から中間調状態への透過率の変化がゆるやかになりすぎる。そのため、上述のように黒い四角が移動する画像を表示した場合、黒い四角が通過した直後の絵素領域は、速やかに中間調表示状態となることができず、黒尾引き現象が発生することがある。

【 0 1 8 5 】

例えば、偏光軸が 1 2 時方向に対して液晶分子の傾斜方向と同一の方向に  $0^\circ$  を超え  $\theta$  以下の角度で傾斜しているように構成すると、黒尾引き現象の発生が抑制され、高品位の表示が実現される。また、偏光軸を上述の角度範囲内に設定すると、黒尾引き現象の発生が抑制されるだけでなく、配向安定時の透過率が向上し、明るい表示が実現される。偏光軸の 1 2 時方向に対する傾斜角が液晶分子の傾斜方向と同一の方向に  $0^\circ$  を超え  $\theta$  以下の角度範囲においては、偏光軸の傾斜角が小さいほど、黒尾引き現象がより発生しにくくなる。偏光軸の傾斜角が  $\theta / 2$  と略同一の角度で傾斜していると、黒尾引き現象の発生が実質的に防止される。

【 0 1 8 6 】

上述したように、偏光板の配置を最適化することによって、白尾引き現象や黒尾引き現象の発生が抑制される。尾引き現象の発生の抑制および透過率の向上の観点からは、偏光板の偏光軸（一对の偏光板の一方の偏光軸）が、液晶分子が傾斜している方向と同一の方向に、 $0^\circ$  を超え  $\theta$  以下の角度で傾斜しているように偏光板を配置することが好ましい。このように偏光板を配置すると、明るい表示が実現されるとともに、尾引き現象（白尾引き現象および黒尾引き現象）の発生が抑制され、高品位の表示が実現される。さらに、偏光板の偏光軸が  $\theta / 2$  と略同一の角度で傾斜しているように偏光板を配置すると、白尾引き現象および黒尾引き現象の発生が実質的に防止されて、一層高品位の表示が実現される。



## 【 0 1 8 7 】

なお、液晶ドメインが渦巻き配向状態をとる構成は、上述したように、例えば、液晶材料として、カイラル剤が添加された液晶材料を用いることによって実現されるが、このとき、カイラル剤の添加量に応じて、液晶層の厚さ方向に沿って液晶分子の配向が螺旋状に変化する場合と、そのような螺旋状の配向変化がほとんど生じない場合とがある。いずれの場合においても、偏光板の配置を上述のように最適化することによって、表示品位を向上することができる。

## 【 0 1 8 8 】

（枝部の幅、個数）

上述したように、本発明による液晶表示装置 1 0 0 および 2 0 0 が備える絵素電極 1 4 は、複数の開口部 1 4 a と中実部 1 4 b とを有している。開口部 1 4 a によって形成される単位格子内に位置する単位中実部 1 4 b' は、典型的には隣接する単位中実部 1 4 b' と互いに電氣的に接続されているが、互いに隣接する単位中実部 1 4 b' を相互に接続する役割を果たしている部分、例えば、図 1 ( a ) に示したような円形部から四方にのびる枝部にも、当然のことながら他の部分と同じ電位が与えられるので、この枝部も斜め電界による配向規制効果に影響を与える。

## 【 0 1 8 9 】

図 2 9 に示すように、中実部 1 4 b は、典型的には、複数の島状部 1 4 c と、それぞれが隣接する島状部 1 4 c を互いに電氣的に接続する複数の枝部 1 4 d とを有している。ここで、島状部 1 4 c とは、単位格子内に位置する導電膜のうちの枝部 1 4 d を除いた部分を指す。

## 【 0 1 9 0 】

島状部 1 4 c 上に位置する液晶層 3 0 の液晶分子 3 0 a は、島状部 1 4 c と開口部 1 4 a との境界（開口部 1 4 a のエッジ部）に生成される斜め電界によって配向を制御される。安定な配向状態や良好な応答特性を実現するためには、液晶分子 3 0 a の配向を制御するための斜め電界を多くの液晶分子 3 0 a に作用させる必要があり、島状部 1 4 c と開口部 1 4 a との境界が多く形成されていることが好ましい。

## 【0191】

図29に示したように島状部14c間に枝部14dが存在すると、枝部14dが存在している分だけ、島状部14cと開口部14aとの境界が少なくなり、島状部14c上の液晶分子30aを配向制御するための斜め電界を形成するエッジ部が少なくなる。すなわち、島状部14c間に存在する枝部14dは、斜め電界による配向規制効果を低下させる。従って、枝部14dの幅が狭いほど、あるいは、枝部14dの個数が少ないほど、配向規制効果の低下が抑制され、応答特性が向上する。

## 【0192】

また、枝部14dと開口部14aとの境界には斜め電界が生成されるので、枝部14d上に位置する液晶分子30aは配向方向を規制される。枝部14d上の液晶分子30aの配向は、島状部14c上の液晶分子30aの配向状態にも影響を及ぼし、応答特性に影響を与える。以下、さらに詳細に説明する。

## 【0193】

まず、図30および図31を参照しながら、島状部14c上に位置する液晶層30の配向状態について説明する。図30は、電圧印加時の液晶分子30aの配向状態を模式的に示す上面図であり、図31は、図30中の31A-31A'線および31B-31B'線に沿った断面図である。なお、ここでは、島状部14cの形状が樽型（角部が円弧状の正方形）であり、液晶材料としてカイラル剤を添加された材料が用いられ、液晶層30が渦巻き状の放射状傾斜配向状態をとっている液晶表示装置を示している。また、ここでは、図31に示すように、対向基板100b上に設けられた対向電極22上には、単位中実部14b'の中心付近の位置に、放射状傾斜配向の中心を固定し、配向安定性を向上させるためのお碗状の突起物（球面の一部からなる面を有する突起物）24が設けられているが、このような突起物24が設けられていない場合においても以下の説明に異なるところはない。

## 【0194】

図30に示すように、液晶層30に電圧が印加されると、開口部14aと島状部14cとの境界（開口部14aのエッジ部）に生成される斜め電界によって液

晶分子 3 0 a の配向方向が規制され、島状部 1 4 c 上の液晶層 3 0 は渦巻き状の放射状傾斜配向状態となる。

## 【 0 1 9 5 】

図 3 0 中の 3 1 A - 3 1 A' 線および 3 1 B - 3 1 B' 線に沿った断面のように、枝部 1 4 d が存在しない方向に沿った断面においては、図 3 1 に示すように、液晶分子 3 0 a がすべて開口部 1 4 a のエッジ部から島状部 1 4 c の中心に向かって傾斜するように配向規制力が働いている。なお、島状部 1 4 c の形状が円形である場合には、枝部 1 4 d が存在しない方向に沿ったどの断面においても配向規制力の大きさは同じであるが、図 3 0 に示したように島状部 1 4 c の形状が樽型である場合には、配向規制力の大きさは、島状部 1 4 c の中心からエッジ部までの距離に依存する。

## 【 0 1 9 6 】

このように、島状部 1 4 c 上に位置する液晶層 3 0 は、電圧印加時には、島状部 1 4 c の中心付近に配向中心を有する渦巻き状の放射状傾斜配向を安定して形成する。後述する説明のわかりやすさのため、この状態を、第 1 の安定状態とよぶ。

## 【 0 1 9 7 】

次に、図 3 2 および図 3 3 を参照しながら、開口部 1 4 a 上に位置する液晶層 3 0 の配向状態について説明する。図 3 2 は、電圧印加時の液晶分子 3 0 a の配向状態を模式的に示す上面図であり、図 3 3 は、図 3 2 中の 3 3 A - 3 3 A' 線および 3 3 B - 3 3 B' 線に沿った断面図である。

## 【 0 1 9 8 】

図 3 2 中の 3 3 A - 3 3 A' 線および 3 3 B - 3 3 B' 線に沿った断面のように、枝部 1 4 d が存在しない方向に沿った断面においては、図 3 3 に示すように、液晶分子 3 0 a がすべて開口部 1 4 a のエッジ部から開口部 1 4 a の中心に向かって傾斜するように配向規制力が働いている。ただし、開口部 1 4 a 上に位置する液晶層 3 0 の液晶分子 3 0 a は、電極によって生成される電界の影響を直接的には受けないので、島状部 1 4 c 上に位置する液晶分子 3 0 a に比べて傾斜する角度が小さい。

## 【0199】

このように、開口部14a上に位置する液晶層30は、電圧印加時には、開口部14aの中心付近に配向中心を有する放射状傾斜配向を安定して形成する。

## 【0200】

続いて、図34、図35(a)および(b)を参照しながら、枝部14d上に位置する液晶層30の配向状態について説明する。図34は、電圧印加時の液晶分子30aの配向状態を模式的に示す上面図であり、図35(a)は図34中の35A-35A'線に沿った断面図であり、図35(b)は図34中の35B-35B'線に沿った断面図である。

## 【0201】

図34中の35A-35A'線に沿った断面のように、枝部14dと開口部14aとの境界を横断する方向に沿った断面においては、図35(a)に示すように、枝部14dと開口部14aとの境界に生成される斜め電界によって、液晶分子30aの配向方向が規制されている。これに対して、図34中の35B-35B'線に沿った断面のように、枝部14dおよび島状部14cを縦断する方向に沿った断面においては、図35(b)に示すように、隣接する島状部14c上の液晶層30の配向状態と整合するように液晶分子30aが傾斜する。

## 【0202】

従って、枝部14d上に位置する液晶層30の液晶分子30aは、図36に示すように、隣接する島状部14c上の液晶分子30aの配向および開口部14a上の液晶分子30aの配向と整合するように配向する(上述した第1の安定状態に対応)。なお、図36においては、配向軸方向が表示面の上下方向(12時方向および6時方向)の液晶分子30aと、表示面左右方向(3時方向および9時方向)の液晶分子30aとを示している。

## 【0203】

35B-35B'線に沿った断面における配向規制力(周囲の配向の連続性を保つように働くきわめて弱い配向規制力)は、開口部14aのエッジ部に形成される斜め電界の配向規制力に比べて著しく弱く、さらに、上述の配向規制力による液晶分子30aの傾斜方向は、枝部14dと開口部14aとの境界に生成され

る斜め電界による液晶分子 3 0 a の傾斜方向（上側（基板 1 0 0 b 側）が開いたコーン状に液晶分子 3 0 a が配向する）とは逆の方向（下側（基板 1 0 0 a 側）が開いたコーン状に液晶分子 3 0 a が配向する）であるため、枝部 1 4 d 上の液晶分子 3 0 a に働く配向規制力のバランスが崩れやすい。

## 【 0 2 0 4 】

このため、枝部 1 4 d と開口部 1 4 a との境界を横断する方向に沿った断面（図 3 4 中の 3 5 A - 3 5 A' 線に沿った断面に対応）において垂直に配向している液晶分子 3 0 a（配向中心となる液晶分子 3 0 a）は、図 3 7（a）および（b）に示すように、枝部 1 4 d と開口部 1 4 a との境界側に移動しやすい。

## 【 0 2 0 5 】

このような枝部 1 4 d 上の液晶分子 3 0 a の配向のずれ（垂直に配向する液晶分子 3 0 a の位置のずれ）の影響を受けて、島状部 1 4 c 上の液晶層 3 0 の渦巻き配向は、図 3 6 に示した第 1 の安定状態から、図 3 8 に示す第 2 の安定状態へと変化する。このことが、液晶表示装置の応答特性に影響を与え、配向が安定し定常状態となるために比較的長時間を要するようになる。

## 【 0 2 0 6 】

上述したように応答特性に影響を与える枝部 1 4 d 上の液晶分子 3 0 a の配向状態は、枝部 1 4 d の有無（個数）や枝部 1 4 d の幅に大きく依存する。図 3 9（b）に示すように枝部 1 4 d の幅が比較的広いと、枝部 1 4 d 上の液晶分子 3 0 a に対する配向規制力のバランスが崩れやすく、島状部 1 4 c 上の液晶分子 3 0 a の配向安定状態にも大きく影響を与える。これに対して、図 3 9（a）に示すように、枝部 1 4 d の幅が比較的狭いと、枝部 1 4 d 上の液晶分子 3 0 a に対する配向規制力のバランスがよく、島状部 1 4 c 上の液晶分子 3 0 a の配向状態も比較的早く安定し、液晶表示装置の応答特性が向上する。

## 【 0 2 0 7 】

図 4 0 を参照しながら、枝部 1 4 d の幅が応答特性に与える影響についてさらに具体的に説明する。図 4 0 は、枝部 1 4 d の幅が比較的狭い場合（例えば 5.5  $\mu\text{m}$ ）と比較的広い場合（例えば 7.5  $\mu\text{m}$ ）とについて、液晶層 3 0 に電圧を印加したときの透過率の時間変化を模式的に示すグラフである。なお、ここで

は一对の偏光板の偏光軸がそれぞれ12時方向および3時方向に平行に設定されているものとする。

#### 【0208】

図27を参照しながら説明したように、偏光板の偏光軸が12時方向に平行に設定されている場合、透過率は、電圧印加直後にいったん最大（図40中の最大透過率 $I_p$ ）となり、その後ほぼ一定となる。液晶層30は、電圧印加直後にいったん単純な放射状傾斜状配向をとった後、渦巻き状の放射状傾斜配向に変化するが、このとき、図36に示した第1の安定状態を経て、図38に示した第2の安定状態となる。

#### 【0209】

図40に示すように、枝部14dの幅が比較的狭い場合に第2の安定状態に達するまでの時間 $T_a$ は、枝部14dの幅が比較的広い場合に第2の安定状態に達するまでの時間 $T_b$ よりも短い（ $T_a < T_b$ ）。このように、枝部14dの幅が狭いほど、良好な応答特性が得られる（応答速度が速い。）

また、枝部14dの幅が比較的狭い場合の第2の安定状態における透過率 $I_a$ は、枝部14dの幅が比較的広い場合の第2の安定状態における透過率 $I_b$ よりも高い（ $I_a > I_b$ ）。

#### 【0210】

この理由を図41（a）および（b）を参照しながら説明する。図41（a）および（b）は、第2の安定状態において偏光軸と平行な方向に配向している液晶分子30aを模式的に示す図であり、図41（a）は、枝部14dの幅が比較的狭い場合を示し、図41（b）は、枝部14dの幅が比較的広い場合を示している。なお、図41（a）および（b）中に示す矢印は、一对の偏光板の偏光軸の方向を示しており、ここでは、一对の偏光板の偏光軸は、それぞれ12時方向および3時方向に平行に設定されている。

#### 【0211】

上述したように偏光板が配置されている場合、偏光板の偏光軸と平行な方向に配向している液晶分子30aが存在する領域は、光がほとんど透過しない遮光領域となる。

## 【 0 2 1 2 】

図 4 1 ( a ) に示すように、枝部 1 4 d の幅が比較的狭い場合には、偏光軸と平行な方向に配向している液晶分子 3 0 a は、1 2 時方向、3 時方向、6 時方向および 9 時方向にほぼ沿って存在するので、遮光領域は偏光軸にほぼ沿って観察される。これに対して、図 4 1 ( b ) に示すように、枝部 1 4 d の幅が比較的広い場合には、偏光軸と平行な方向に配向している液晶分子 3 0 a は、1 2 時方向、3 時方向、6 時方向および 9 時方向からずれた位置にも存在するので、遮光領域が観察される位置は、図 4 1 ( a ) に示した場合とは異なる。

## 【 0 2 1 3 】

遮光領域の面積は、遮光領域が偏光軸に沿って観察されるときにもっとも小さくなるので、図 4 1 ( b ) に示したように枝部 1 4 d の幅が比較的広い場合よりも、図 4 1 ( a ) に示したように枝部 1 4 d の幅が比較的狭い場合の方が、遮光領域の面積は小さい。従って、枝部 1 4 d の幅が比較的狭い場合の方が、第 2 の安定状態における透過率が高くなる。

## 【 0 2 1 4 】

上述したように、枝部 1 4 d の幅が比較的狭い場合の第 2 の安定状態における透過率  $I_a$  が、枝部 1 4 d の幅が比較的広い場合の第 2 の安定状態における透過率  $I_b$  よりも高いので、枝部 1 4 d の幅が比較的狭い場合における、電圧印加直後と第 2 の安定状態とでの透過率の変化量  $\Delta I_a$  は、枝部 1 4 d の幅が比較的広い場合における、電圧印加直後と第 2 の安定状態とでの透過率の変化量  $\Delta I_b$  よりも小さい ( $\Delta I_a < \Delta I_b$ )。そのため、枝部 1 4 d の幅が比較的狭い場合には、比較的広い場合に比べて、図 2 3 に示したような白尾引き現象が観察されにくいので、優れた応答特性が得られる。

## 【 0 2 1 5 】

上述したように、枝部 1 4 d の幅が狭いほど、応答特性が向上するが、枝部 1 4 d の個数を比較的少なくすることによっても、応答特性を向上させることができる。

## 【 0 2 1 6 】

本発明による液晶表示装置が備える絵素電極 1 4 は、図 4 2 に示すように、互

いに隣接する島状部 1 4 c がすべて枝部 1 4 d によって互いに接続されているように構成されていてもよいが、この枝部 1 4 d を適宜省略することによって、応答特性を向上させることができる。なお、絵素電極 1 4 は、例えば、図 4 2 中に示す遮光領域 1 8 に設けられたコンタクトホール 1 9 においてスイッチング素子に接続されており、各島状部 1 4 c は、枝部 1 4 d によって相互に電氣的に接続されて実質的に 1 つの導電膜として機能する。この遮光領域 1 8 は、例えば、T F T 基板における補助容量配線上の領域などであり、バックライトからの光が透過せず、表示に寄与しない領域である。

## 【 0 2 1 7 】

具体的には、例えば、図 4 3 および図 4 4 に示すように、枝部 1 4 d の個数を島状部 1 4 c 1 つにつき 2 つ以下にすると、優れた応答特性が得られる。

## 【 0 2 1 8 】

表示に寄与しない領域、例えば、遮光領域 1 8 に位置する枝部 1 4 d は、ほとんど応答特性に影響を与えないので、図 4 5 に示すように、表示に寄与する領域において枝部 1 4 d の個数が島状部 1 4 c 1 つにつき 2 つ以下になるような構成としてもよい。

## 【 0 2 1 9 】

勿論、中実部 1 4 b の構成は、上述したような構成に限定されない。図 4 6 に示すような、図 4 2 に示した構成に比べて枝部 1 4 d が一部省略され、且つ、島状部 1 4 c が冗長性を有するような構成を採用すると、優れた応答特性を有し、且つ、良品率が高い液晶表示装置が提供される。

## 【 0 2 2 0 】

図 4 2 に示したように、互いに隣接する島状部 1 4 c がすべて枝部 1 4 d によって互いに接続されているように構成されている場合よりも、枝部 1 4 d の数を少なくすることによって、応答特性を向上させることができる。枝部 1 4 d の個数、すなわち枝部 1 4 d をどれだけ省略するかは、所望する応答特性などに応じて決定すればよい。

## 【 0 2 2 1 】

例えば、複数の島状部 1 4 c が  $m$  行  $n$  列 ( $m$  および  $n$  は 2 以上の自然数) のマ



トリクス状に配列されている場合には、互いに隣接する島状部 1 4 c がすべて枝部 1 4 d によって互いに接続されているように構成すると、枝部 1 4 d の数は  $(2mn - m - n)$  個となる。従って、島状部 1 4 c が  $m$  行  $n$  列のマトリクス状に配列されている場合には、枝部の個数を  $(2mn - m - n)$  個よりも少なくなるように構成することによって、応答特性を向上させることができる。

## 【 0 2 2 2 】

上述したように、枝部 1 4 d の幅および個数を最適化することによって、優れた応答特性が得られる。

## 【 0 2 2 3 】

なお、本発明は、例示した液晶表示装置に限定されず、絵素領域の液晶層に電圧を印加する一対の電極の内の一方が、少なくとも絵素領域の角部に配置された複数の開口部と、中実部とを有している構成とすることによって、広視野角特性を有する液晶表示装置が実現される。上述のような構成とすることによって、電圧印加時に、電極の開口部のエッジ部に斜め電界が形成される。従って、少なくとも角部に配置された複数の開口部のエッジ部に生成されたこの斜め電界によって、液晶層は、電圧印加状態において、放射状傾斜配向状態をとる液晶ドメインを形成し、そのため、広視野角特性が得られる。

## 【 0 2 2 4 】

ある絵素領域に存在する単位中実部（開口部に実質的に包囲される中実部の領域）は、複数の単位中実部であってもよいし、角部に配置された開口部によって包囲される 1 つの単位中実部であってもよい。ある絵素領域に存在する単位中実部が 1 つの単位中実部である場合、単位中実部を包囲する開口部は、角部に配置された複数の開口部であってもよいし、角部に配置された複数の開口部が連続した、実質的に 1 つの開口部であってもよい。

## 【 0 2 2 5 】

開口部に実質的に包囲される中実部の領域（単位中実部）が、回転対称性を有することによって、中実部に形成される液晶ドメインの放射状傾斜配向の安定性を高めることができる。例えば、単位中実部の形状を略円形や略正方形、あるいは略矩形としてもよい。

## 【0226】

単位中実部の形状を略円形とすると、電極の中実部に形成される液晶ドメインの放射状傾斜配向を安定化させることができる。連続した導電膜から形成される中実部に形成されるある1つの液晶ドメインは、単位中実部に対応して形成されるので、単位中実部の形状が略円形となるように、開口部の形状およびその配置を決めればよい。また、単位中実部の形状が、角部が略円弧状の略矩形である構成を採用することによって、配向安定性および透過率（実効開口率）が比較的高い液晶表示装置が得られる。

## 【0227】

## 【発明の効果】

本発明によると、絵素電極に形成された開口部に対応して形成される、放射状傾斜配向を有する液晶ドメインも表示に寄与するので、従来の広視角特性を有する液晶表示装置の表示品位をさらに向上することができる。

## 【0228】

さらに、絵素電極の開口部の内側に凸部を設けることによって、放射状傾斜配向の安定性が向上し、外力が印加されたときに放射状傾斜配向が崩れても、容易に放射状傾斜配向が復元され得る信頼性の高い液晶表示装置が提供される。

## 【図面の簡単な説明】

## 【図1】

本発明による実施形態1の液晶表示装置100の一つの絵素領域の構造を模式的に示す図であり、(a)は上面図、(b)は(a)中の1B-1B'線に沿った断面図である。

## 【図2】

液晶表示装置100の液晶層30に電圧を印加した状態を示す図であり、(a)は、配向が変化し始めた状態（ON初期状態）を模式的に示し、(b)は、定常状態を模式的に示している。

## 【図3】

(a)～(d)は、電気力線と液晶分子の配向の関係を模式的に示す図である。

【図 4】

(a) ~ (c) は、本発明による実施形態 1 の液晶表示装置 1 0 0 における、基板法線方向から見た液晶分子の配向状態を模式的に示す図である。

【図 5】

(a) ~ (c) は、液晶分子の放射状傾斜配向の例を模式的に示す図である。

【図 6】

(a) および (b) は、本発明による実施形態 1 の液晶表示装置に用いられる他の絵素電極を模式的に示す上面図である。

【図 7】

(a) および (b) は、本発明による実施形態 1 の液晶表示装置に用いられるさらに他の絵素電極を模式的に示す上面図である。

【図 8】

(a) および (b) は、本発明による実施形態 1 の液晶表示装置に用いられるさらに他の絵素電極を模式的に示す上面図である。

【図 9】

本発明による実施形態 1 の液晶表示装置に用いられるさらに他の絵素電極を模式的に示す上面図である。

【図 1 0】

(a) および (b) は、本発明による実施形態 1 の液晶表示装置に用いられるさらに他の絵素電極を模式的に示す上面図である。

【図 1 1】

(a) は、図 1 (a) に示したパターンの単位格子を模式的に示す図であり、(b) は、図 9 に示したパターンの単位格子を模式的に示す図であり、(c) はピッチ  $p$  と中実部面積比率との関係を示すグラフである。

【図 1 2】

(a) は、略円形に形成された単位中実部を有する絵素電極の単位格子を模式的に示す図であり、(b) および (c) は、角部が略円弧状の略正方形に形成された単位中実部を有する絵素電極の単位格子を模式的に示す図であり、(d) は、略正方形に形成された単位中実部を有する絵素電極の単位格子を模式的に示す

図である。

【図 1 3】

本発明による実施形態 2 の液晶表示装置 2 0 0 の一つの絵素領域の構造を模式的に示す図であり、(a) は上面図、(b) は (a) 中の 1 3 B - 1 3 B' 線に沿った断面図である。

【図 1 4】

(a) ~ (d) は、液晶分子 3 0 a の配向と垂直配向性を有する表面の形状との関係を説明するための模式図である。

【図 1 5】

液晶表示装置 2 0 0 の液晶層 3 0 に電圧を印加した状態を示す図であり、(a) は、配向が変化し始めた状態 (ON 初期状態) を模式的に示し、(b) は、定常状態を模式的に示している。

【図 1 6】

(a) ~ (c) は、開口部と凸部との配置関係が異なる、実施形態 2 の液晶表示装置 2 0 0 A、2 0 0 B および 2 0 0 C の模式的な断面図である。

【図 1 7】

液晶表示装置 2 0 0 の断面構造を模式的に示す図であり、図 1 3 (a) 中の 1 7 A - 1 7 A' 線に沿った断面図である。

【図 1 8】

本発明による実施形態 2 の液晶表示装置 2 0 0 D の一つの絵素領域の構造を模式的に示す図であり、(a) は上面図、(b) は (a) 中の 1 8 B - 1 8 B' 線に沿った断面図である。

【図 1 9】

(a) は、電圧印加直後の液晶分子の配向状態を模式的に示す図であり、(b) および (c) は配向安定時 (定常状態) の液晶分子の配向状態を模式的に示す上面図である。

【図 2 0】

本発明によるある実施形態の液晶表示装置の白表示状態における透過率を縦軸に示し、偏光軸が 1 2 時方向に対してなす角度を縦軸に示すグラフである。

【図 2 1】

(a) は、偏光板の配置を模式的に示す図であり、(b) は、(a) に示すように偏光板が配置されているときの液晶ドメインにおける遮光領域 S R を模式的に示す図である。

【図 2 2】

(a) は、偏光板の配置を模式的に示す図であり、(b) は、(a) に示すように偏光板が配置されているときの液晶ドメインにおける遮光領域 S R を模式的に示す図である。

【図 2 3】

白尾引き現象を模式的に示す図である。

【図 2 4】

本発明によるある液晶表示装置において尾引き現象が防止されている様子を模式的に示す図である。

【図 2 5】

(a) は、偏光板の配置を模式的に示す図であり、(b) は、(a) に示すように偏光板が配置されている場合の電圧印加直後の遮光領域 S R を模式的に示す図であり、(c) は、(a) に示すように偏光板が配置されている場合の配向安定時（定常状態）における遮光領域 S R を模式的に示す図である。

【図 2 6】

(a) は、偏光板の配置を模式的に示す図であり、(b) は、(a) に示すように偏光板が配置されている場合の電圧印加直後の遮光領域 S R を模式的に示す図であり、(c) は、(a) に示すように偏光板が配置されている場合の配向安定時（定常状態）における遮光領域 S R を模式的に示す図である。

【図 2 7】

偏光軸が 1 2 時方向に対してなす角度が  $0^{\circ}$ 、約  $13^{\circ}$  および約  $20^{\circ}$  のときに、ある絵素領域を黒表示状態から中間調表示状態に変化させたときの透過率の時間変化を示すグラフである。

【図 2 8】

黒尾引き現象を模式的に示す図である。

【図 2 9】

本発明による実施形態の液晶表示装置に用いられる絵素電極を模式的に示す上面図である。

【図 3 0】

電圧印加時の液晶分子の配向状態を模式的に示す上面図である。

【図 3 1】

電圧印加時の液晶分子の配向状態を模式的に示す図であり、図 3 0 中の 3 1 A - 3 1 A' 線および 3 1 B - 3 1 B' 線に沿った断面図である。

【図 3 2】

電圧印加時の液晶分子の配向状態を模式的に示す上面図である。

【図 3 3】

電圧印加時の液晶分子の配向状態を模式的に示す図であり、図 3 2 中の 3 3 A - 3 3 A' 線および 3 3 B - 3 3 B' 線に沿った断面図である。

【図 3 4】

電圧印加時の液晶分子の配向状態を模式的に示す上面図である。

【図 3 5】

(a) および (b) は、電圧印加時の液晶分子の配向状態を模式的に示す図であり、(a) は図 3 4 中の 3 5 A - 3 5 A' 線に沿った断面図であり、(b) は図 3 4 中の 3 5 B - 3 5 B' 線に沿った断面図である。

【図 3 6】

電圧印加時の液晶分子の配向状態を模式的に示す上面図である。

【図 3 7】

(a) および (b) は、電圧印加時の液晶分子の配向状態を模式的に示す断面図であり、(a) は図 3 4 中の 3 5 A - 3 5 A' 線に沿った断面に対応し、(b) は図 3 4 中の 3 5 B - 3 5 B' 線に沿った断面に対応する。

【図 3 8】

電圧印加時の液晶分子の配向状態を模式的に示す上面図である。

【図 3 9】

(a) および (b) は、電圧印加時の液晶分子の配向状態を模式的に示す上面

図であり、（a）は、絵素電極の枝部の幅が比較的狭い場合を示し、（b）は、絵素電極の枝部の幅が比較的狭い場合を示している。

【図 4 0】

枝部の幅が比較的狭い場合と比較的広い場合とについて、液晶層に電圧を印加したときの透過率の時間変化を模式的に示すグラフである。

【図 4 1】

（a）および（b）は、第 2 の安定状態において偏光軸と平行な方向に配向している液晶分子を模式的に示す上面図であり、（a）は、枝部 1 4 d の幅が比較的狭い場合を示し、（b）は、枝部 1 4 d の幅が比較的広い場合を示している。

【図 4 2】

本発明による実施形態の液晶表示装置に用いられる絵素電極を模式的に示す上面図である。

【図 4 3】

本発明による実施形態の液晶表示装置に用いられる他の絵素電極を模式的に示す上面図である。

【図 4 4】

本発明による実施形態の液晶表示装置に用いられる他の絵素電極を模式的に示す上面図である。

【図 4 5】

本発明による実施形態の液晶表示装置に用いられる他の絵素電極を模式的に示す上面図である。

【図 4 6】

本発明による実施形態の液晶表示装置に用いられる他の絵素電極を模式的に示す上面図である。

【符号の説明】

1 1、2 1 透明絶縁性基板

1 4、1 4 A、1 4 B、1 4 C、1 4 D、1 4 E、1 4 F 絵素電極

1 4 G、1 4 H、1 4 I 絵素電極

1 4 a 開口部

1 4 b 中実部 (導電膜)

1 4 b' 単位中実部

1 4 c 島状部

1 4 d 枝部

2 2 対向電極

3 0 液晶層

3 0 a 液晶分子

4 0、4 0 A、4 0 B、4 0 C、4 0 D 凸部

4 0 s 凸部の側面

4 0 t 凸部の頂面

1 0 0、2 0 0 液晶表示装置

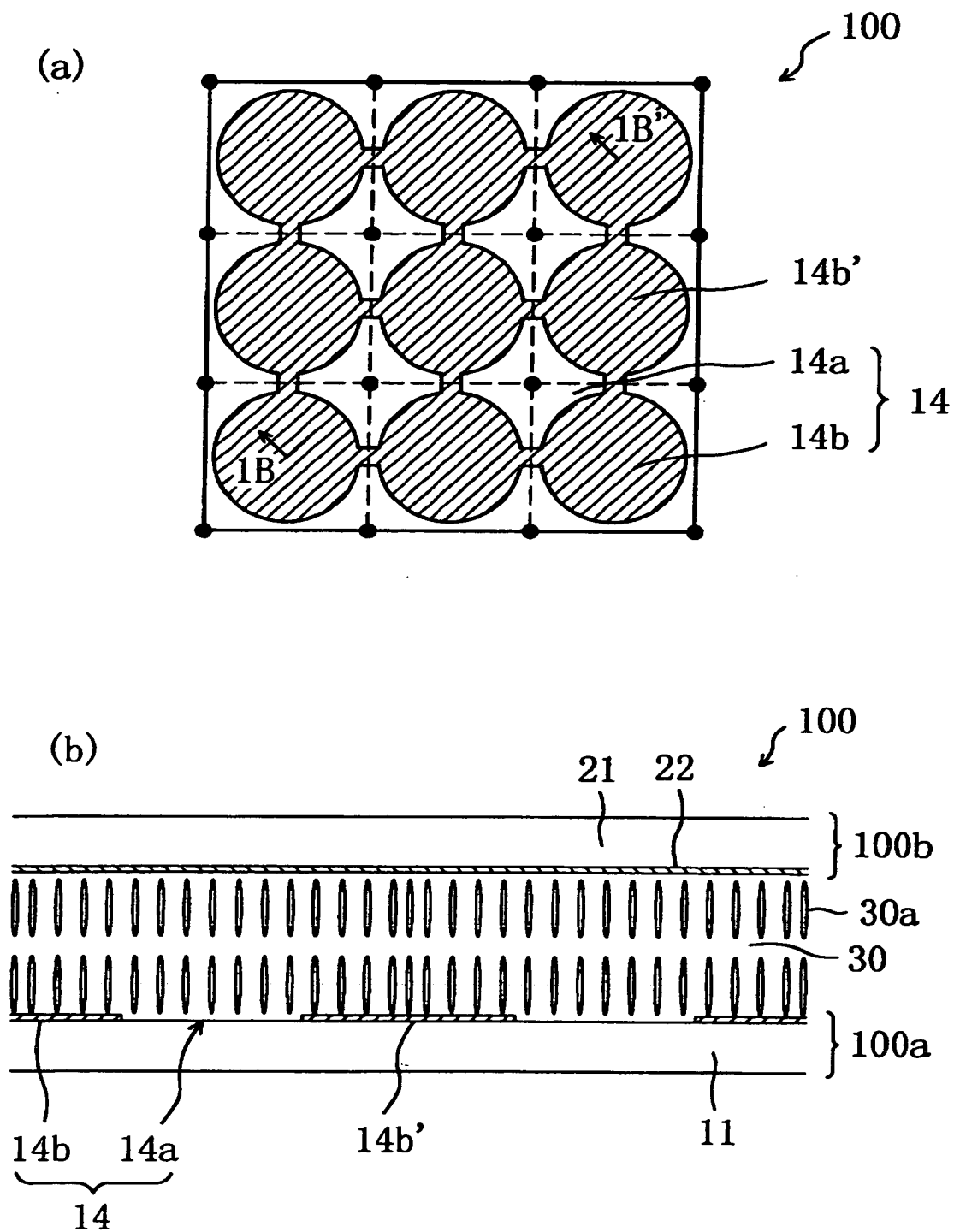
1 0 0 a、2 0 0 a TFT基板

1 0 0 b 対向基板

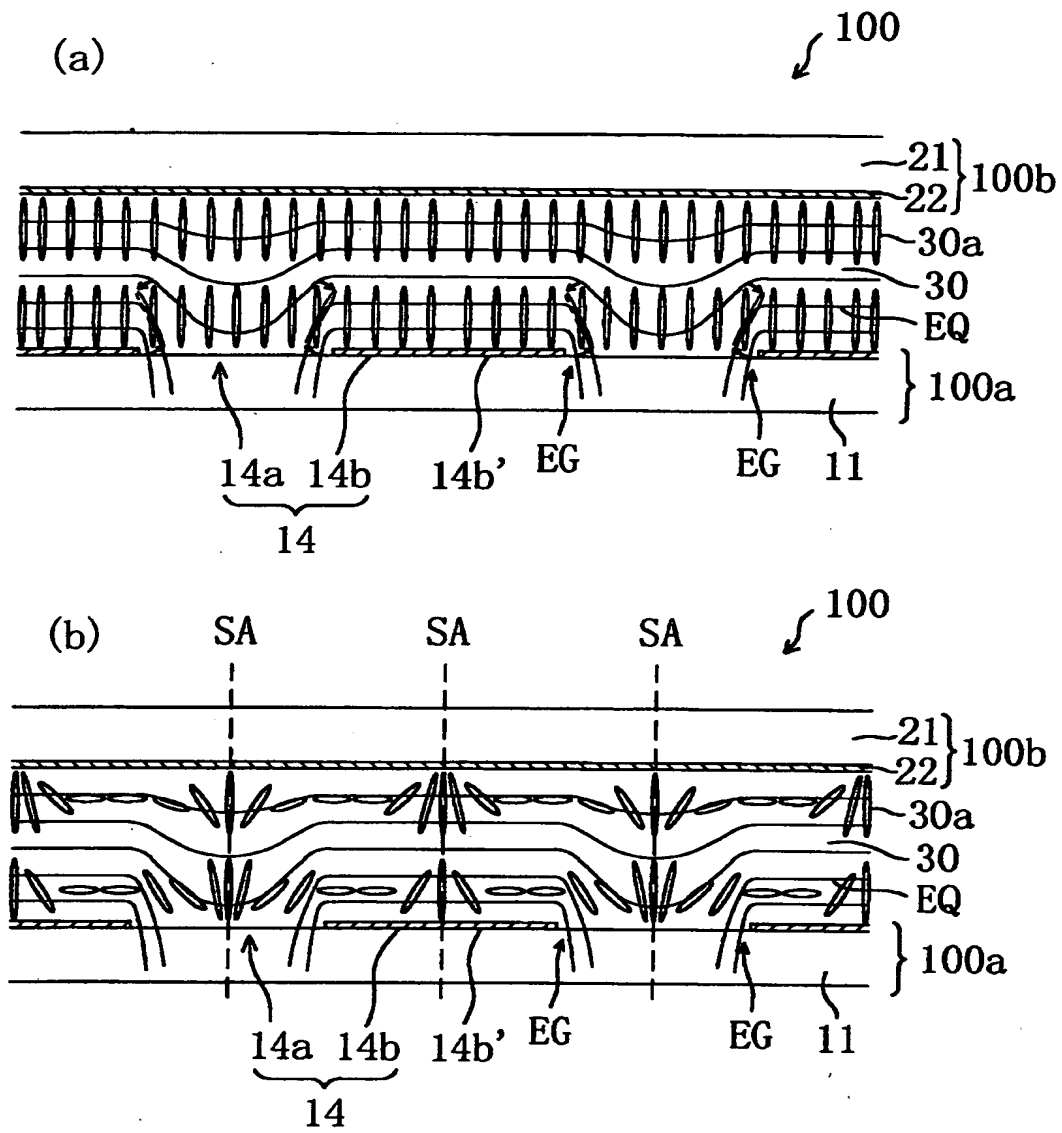


【書類名】 図面

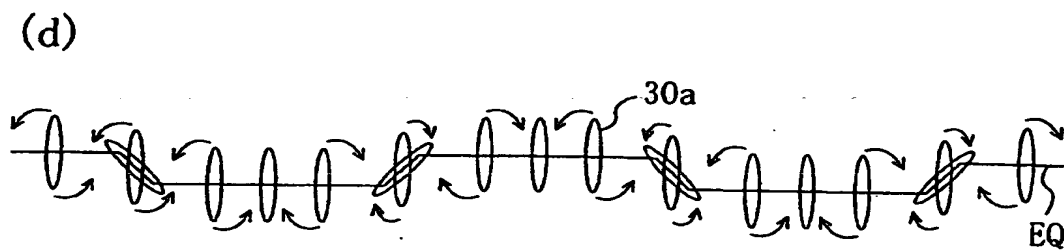
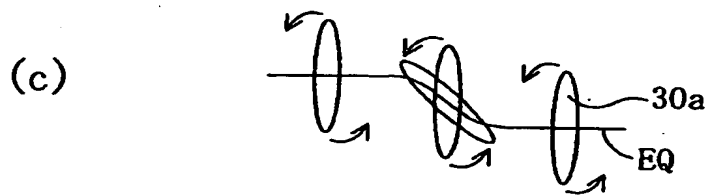
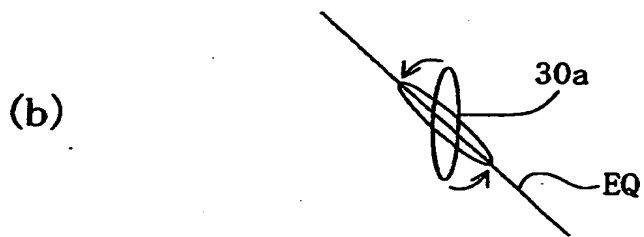
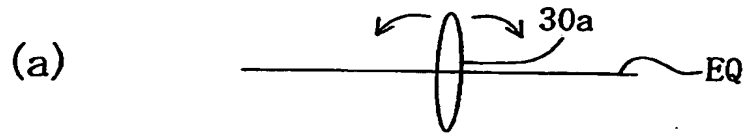
【図 1】



【図 2】

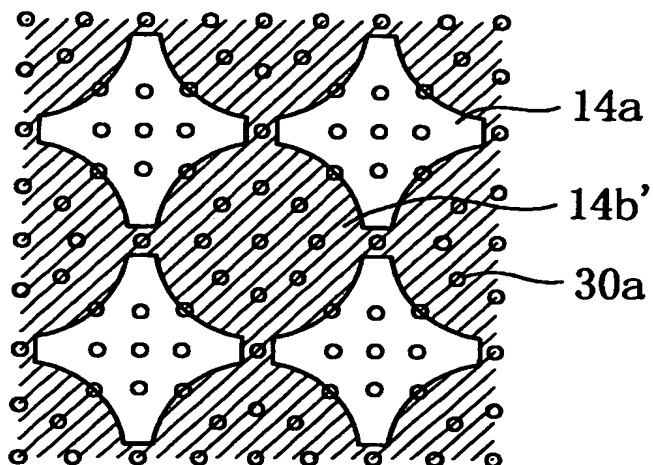


【図 3】

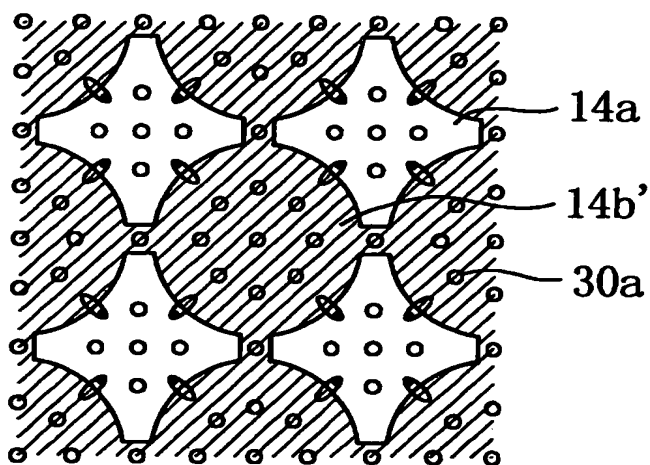


【図4】

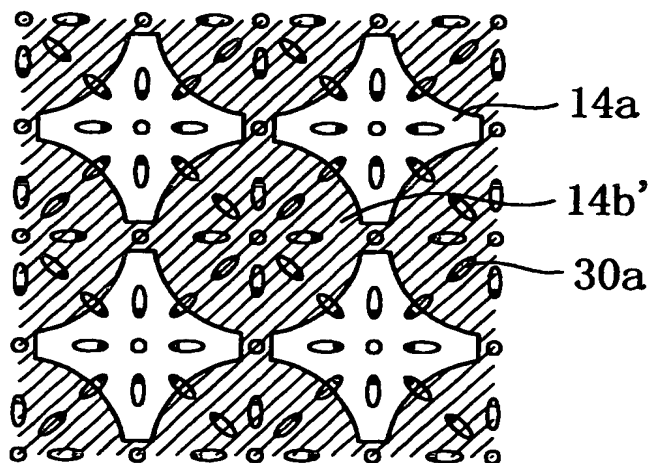
(a)



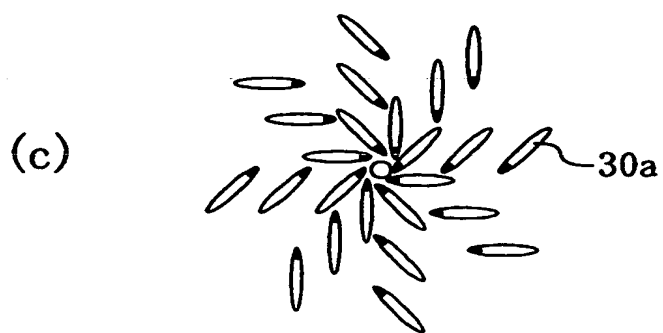
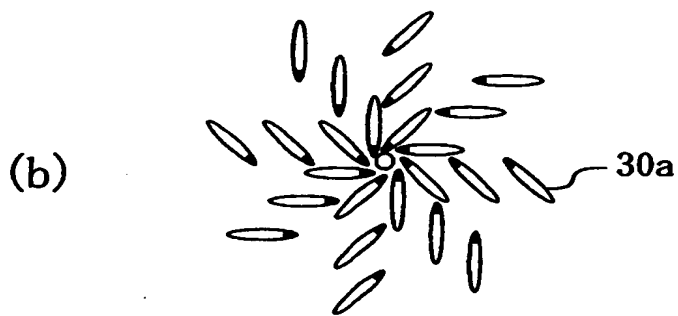
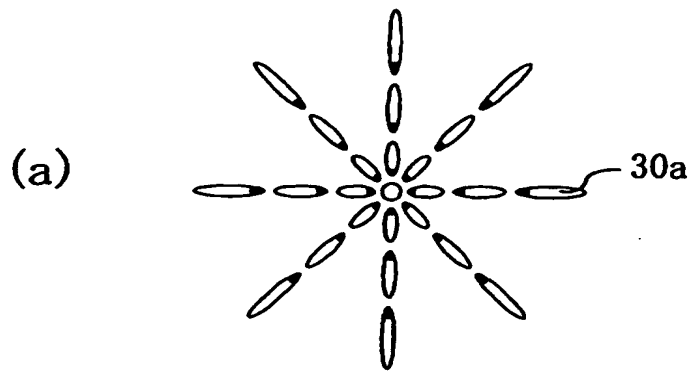
(b)



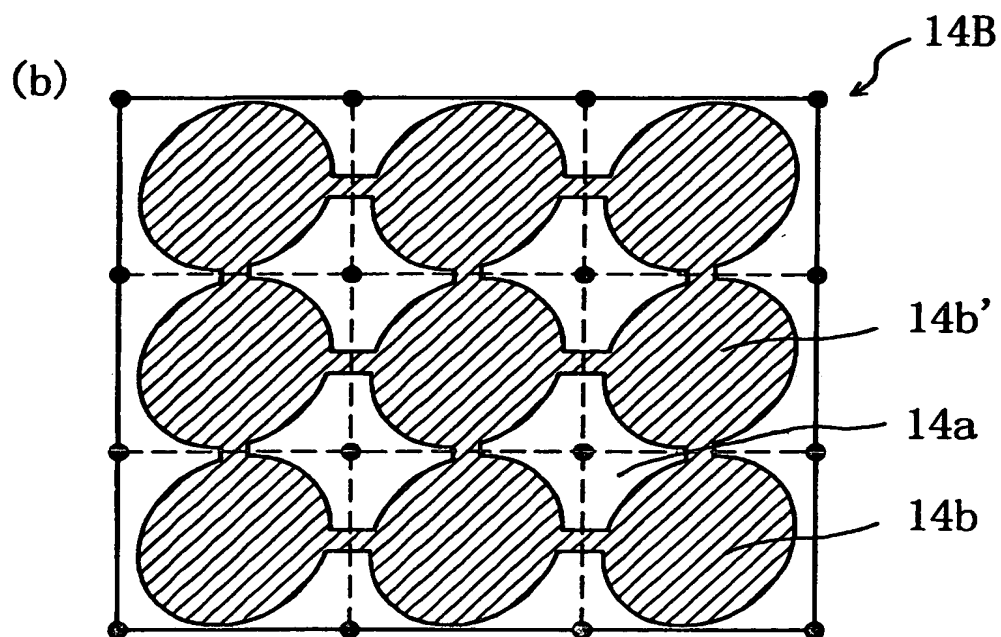
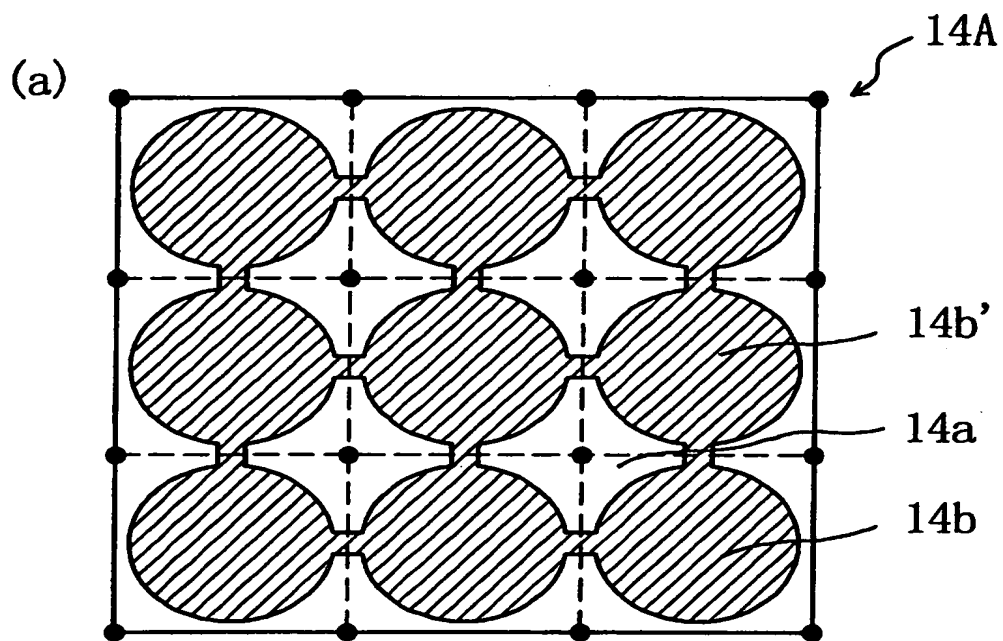
(c)



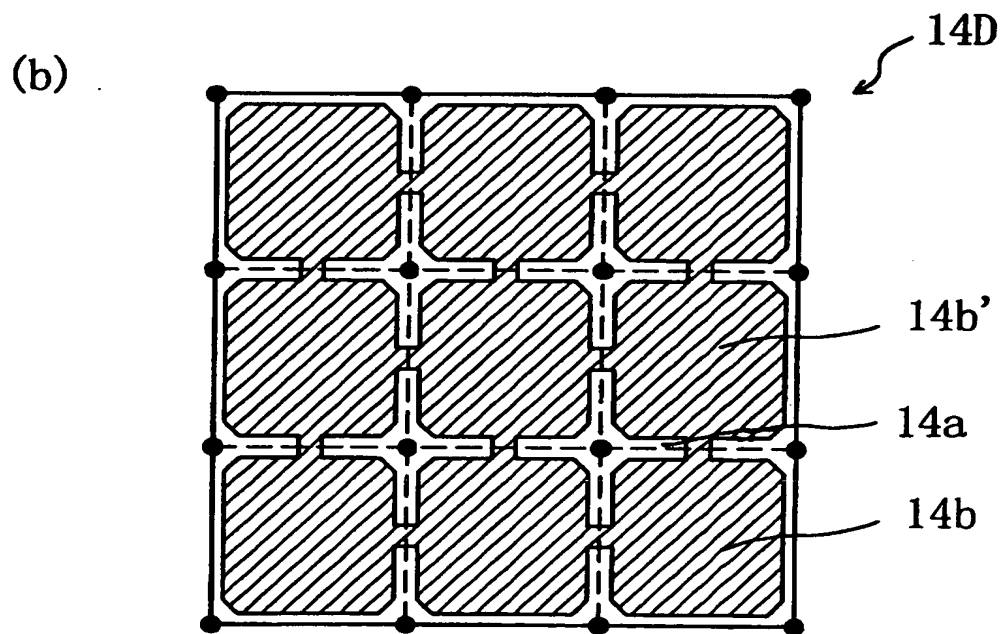
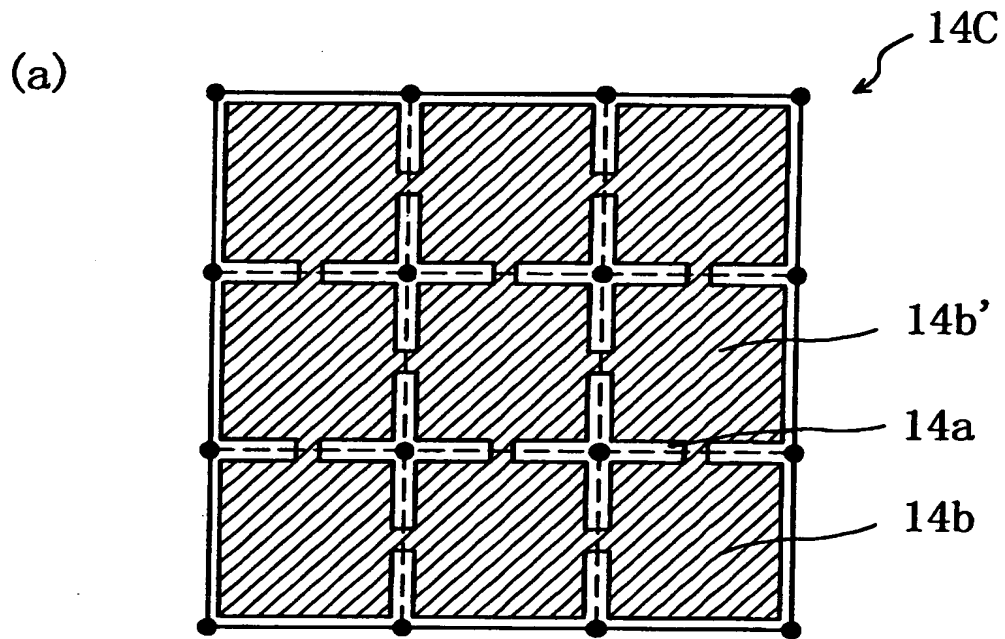
【図 5】



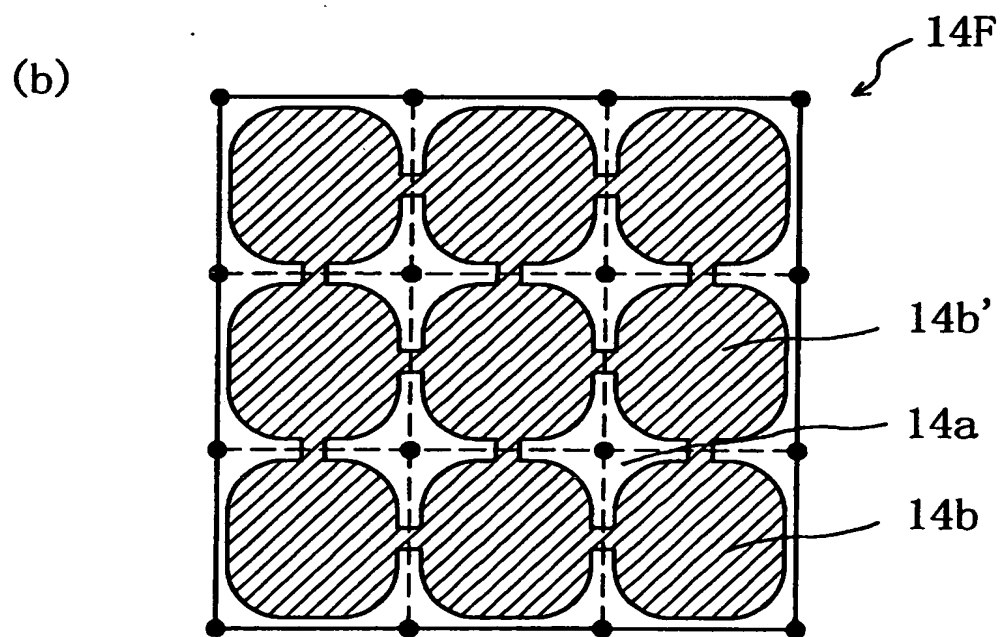
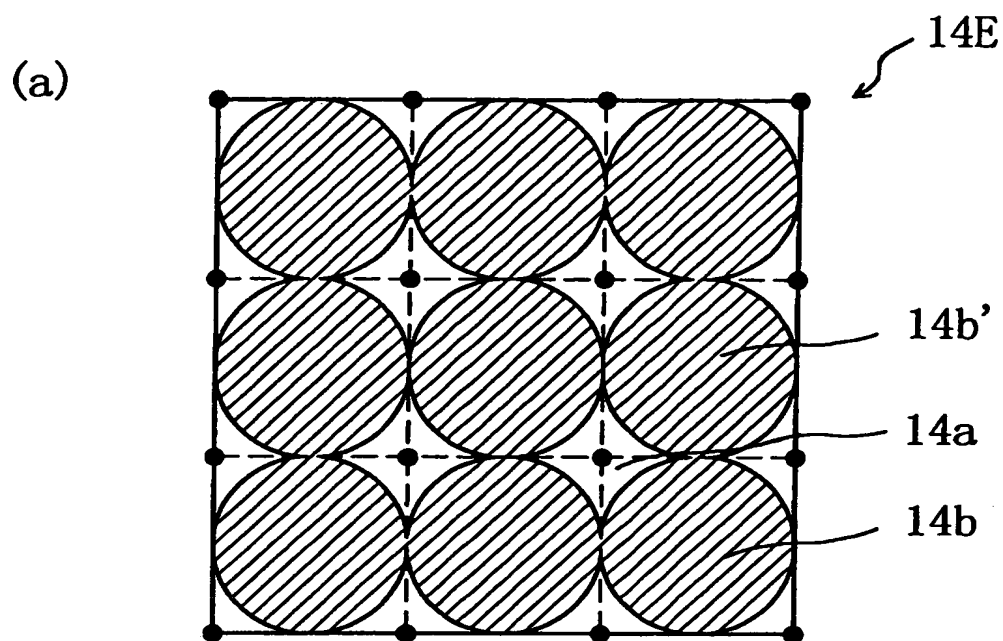
【図 6】



【図 7】

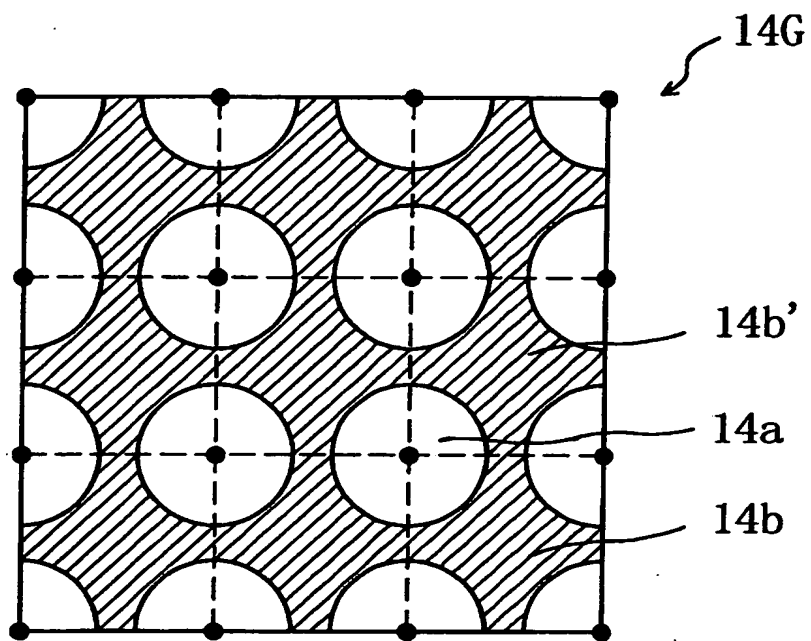


【図 8】

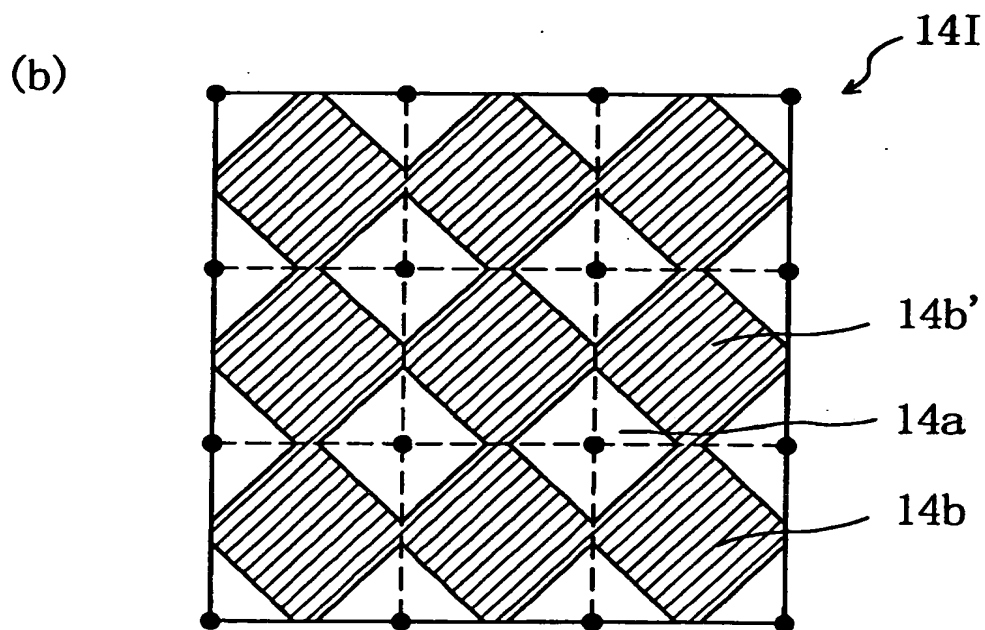
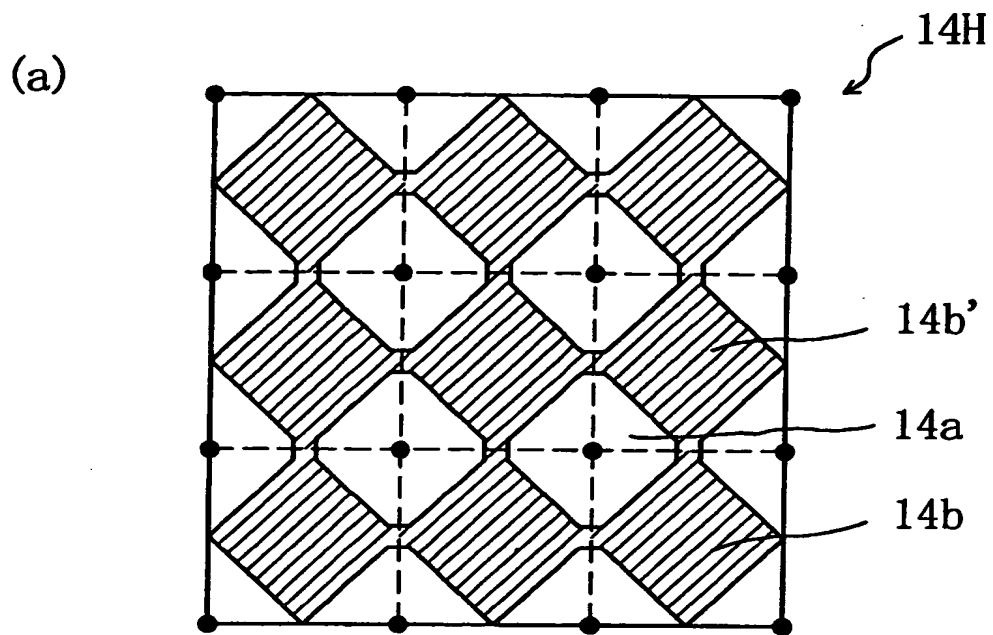




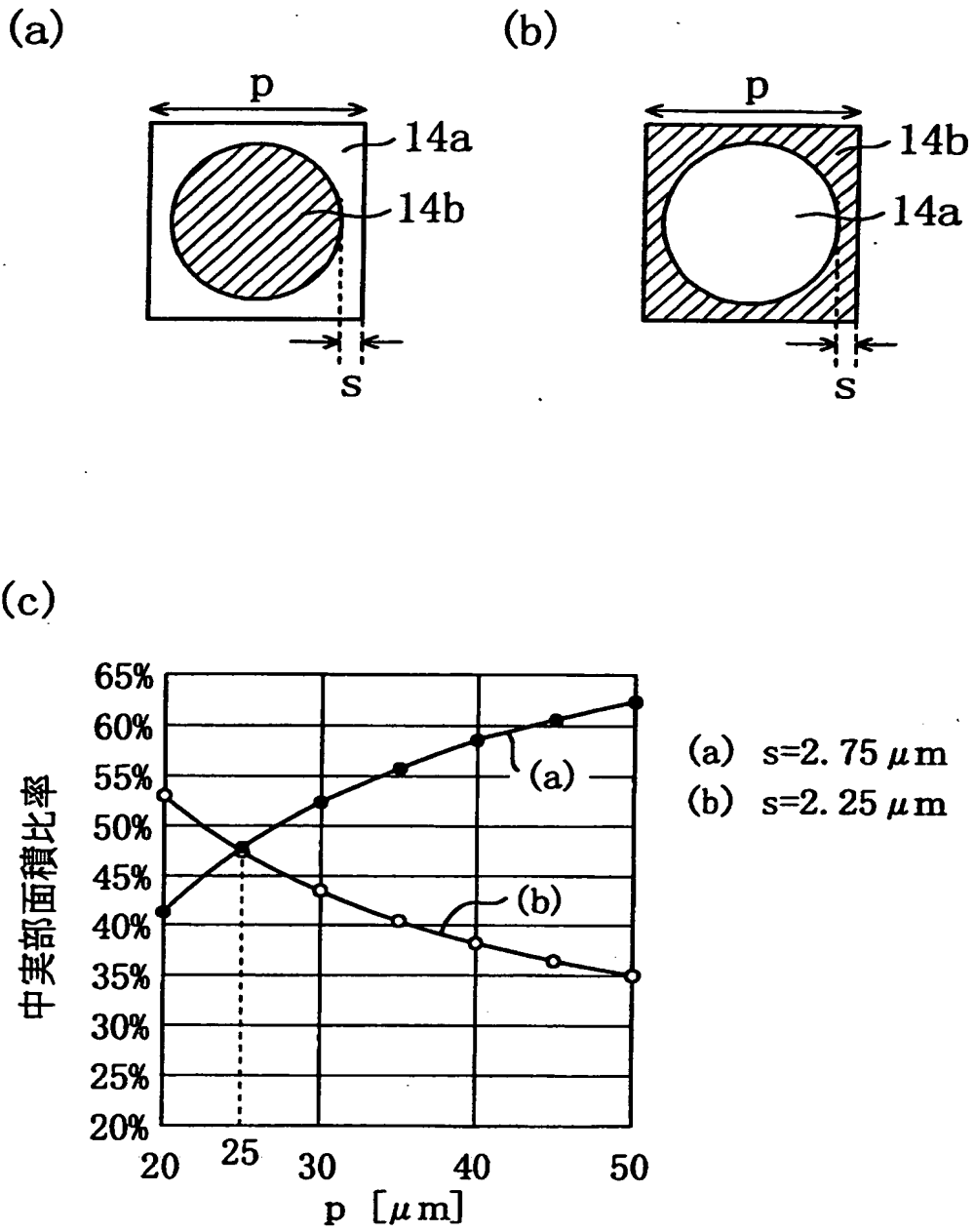
【図 9】



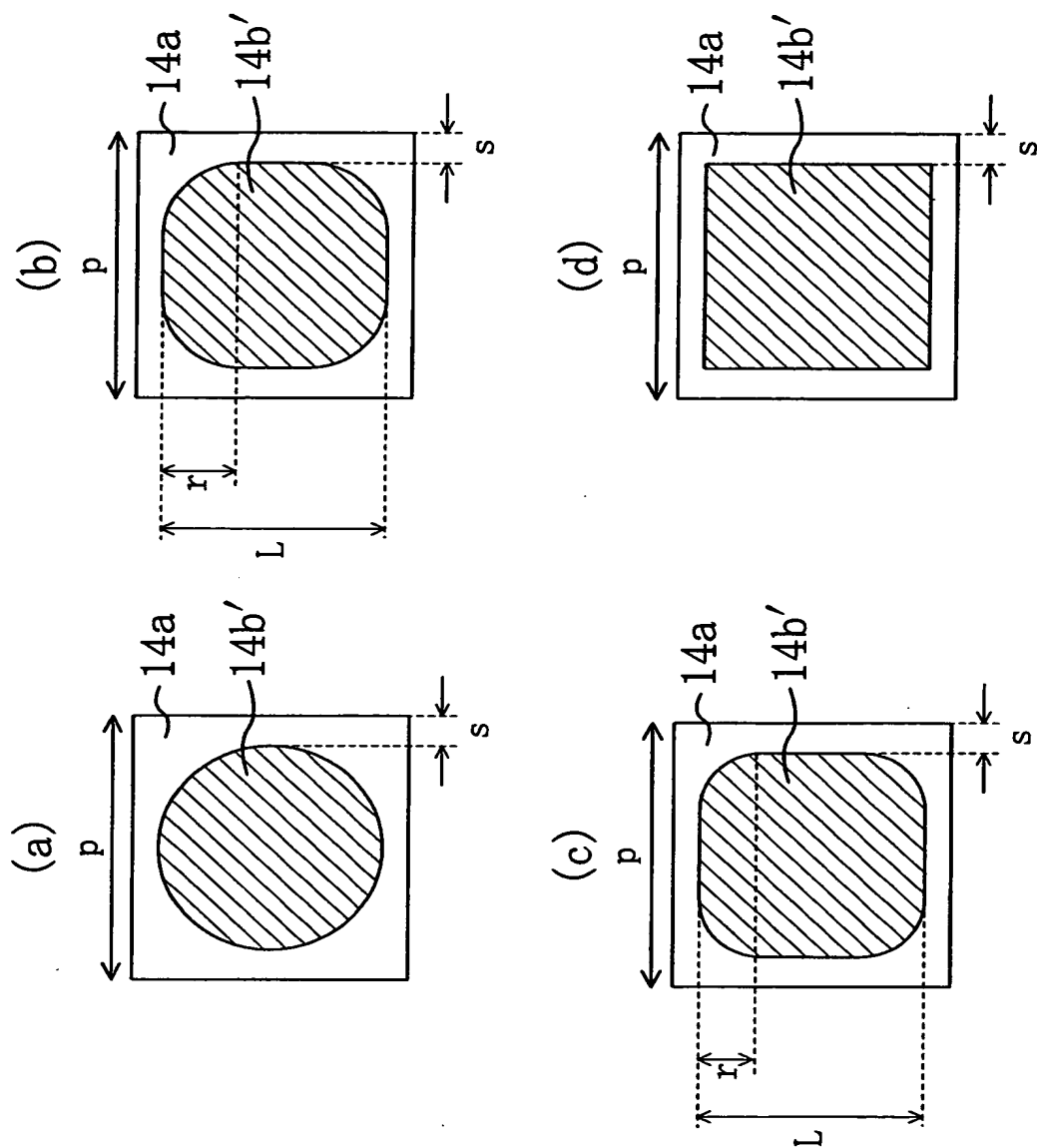
【図10】



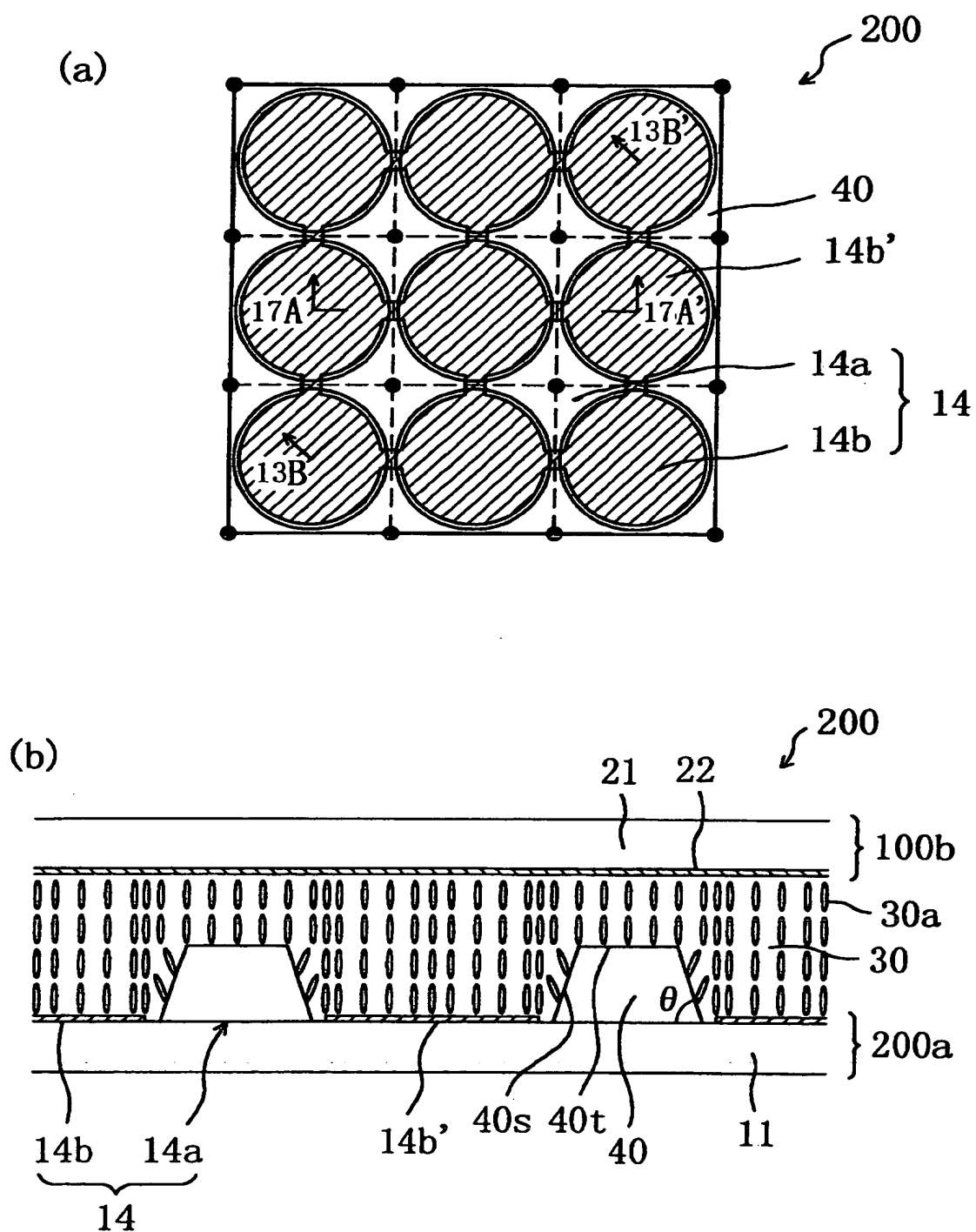
【図 1 1】



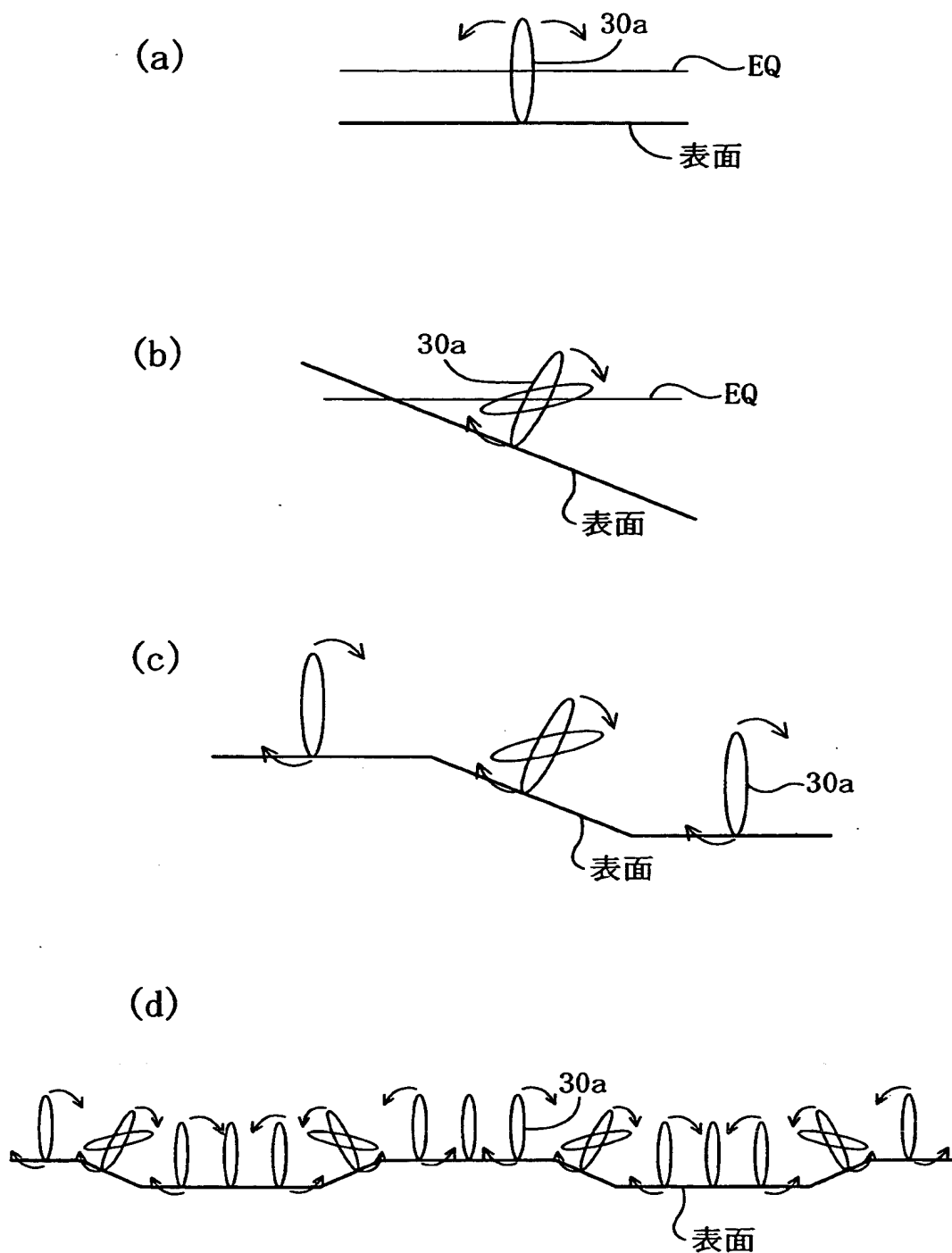
【図 12】



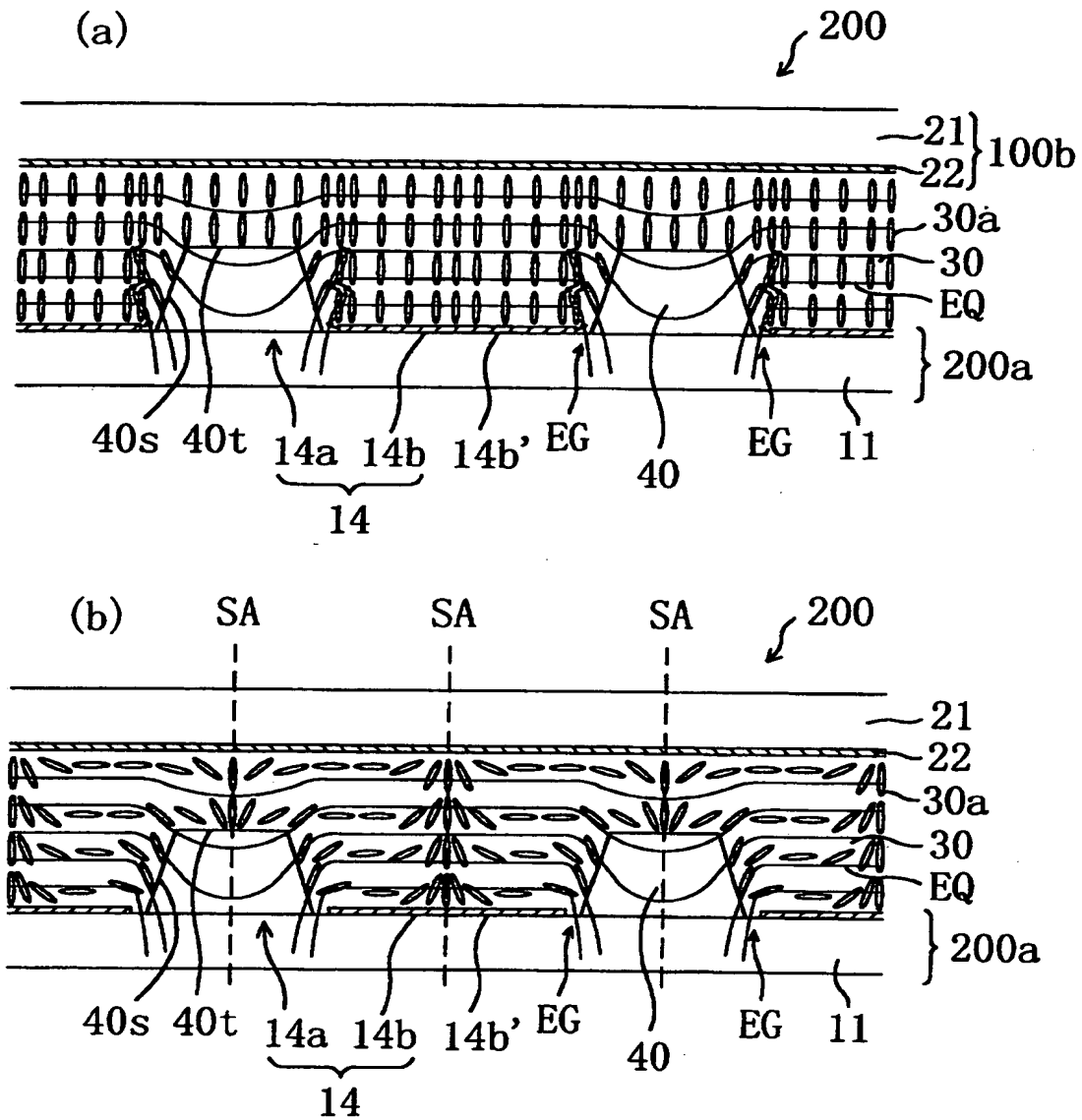
【図 13】



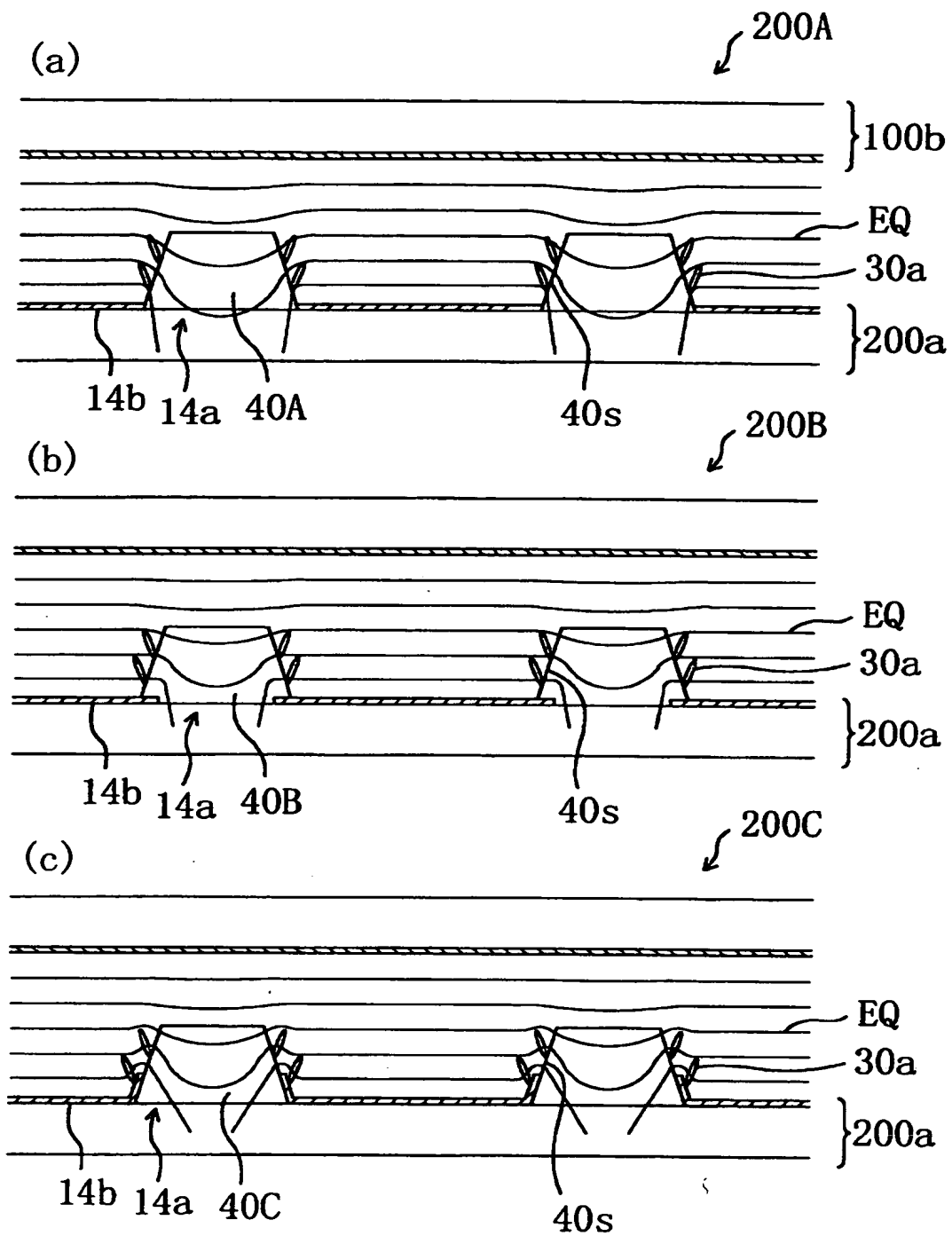
【图 1 4】



【図15】

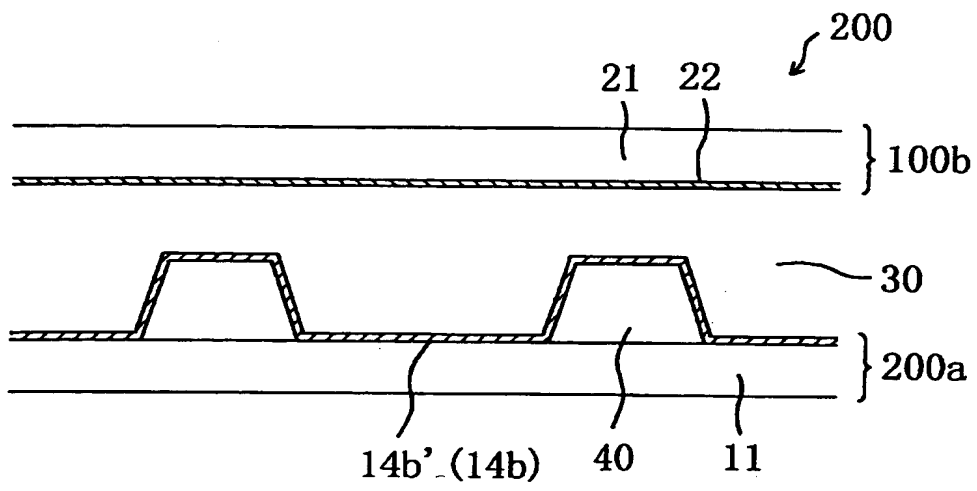


【図 1 6】

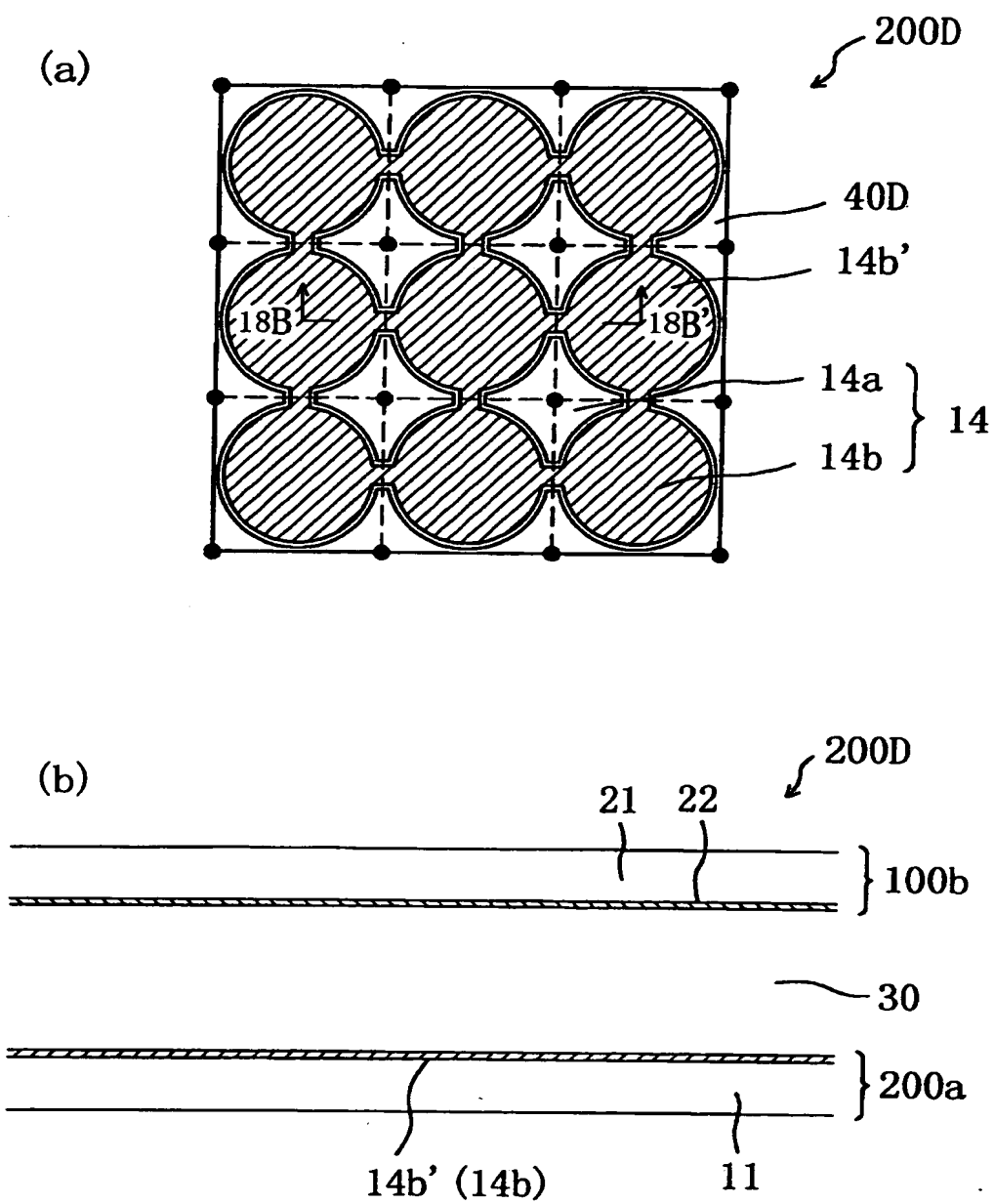




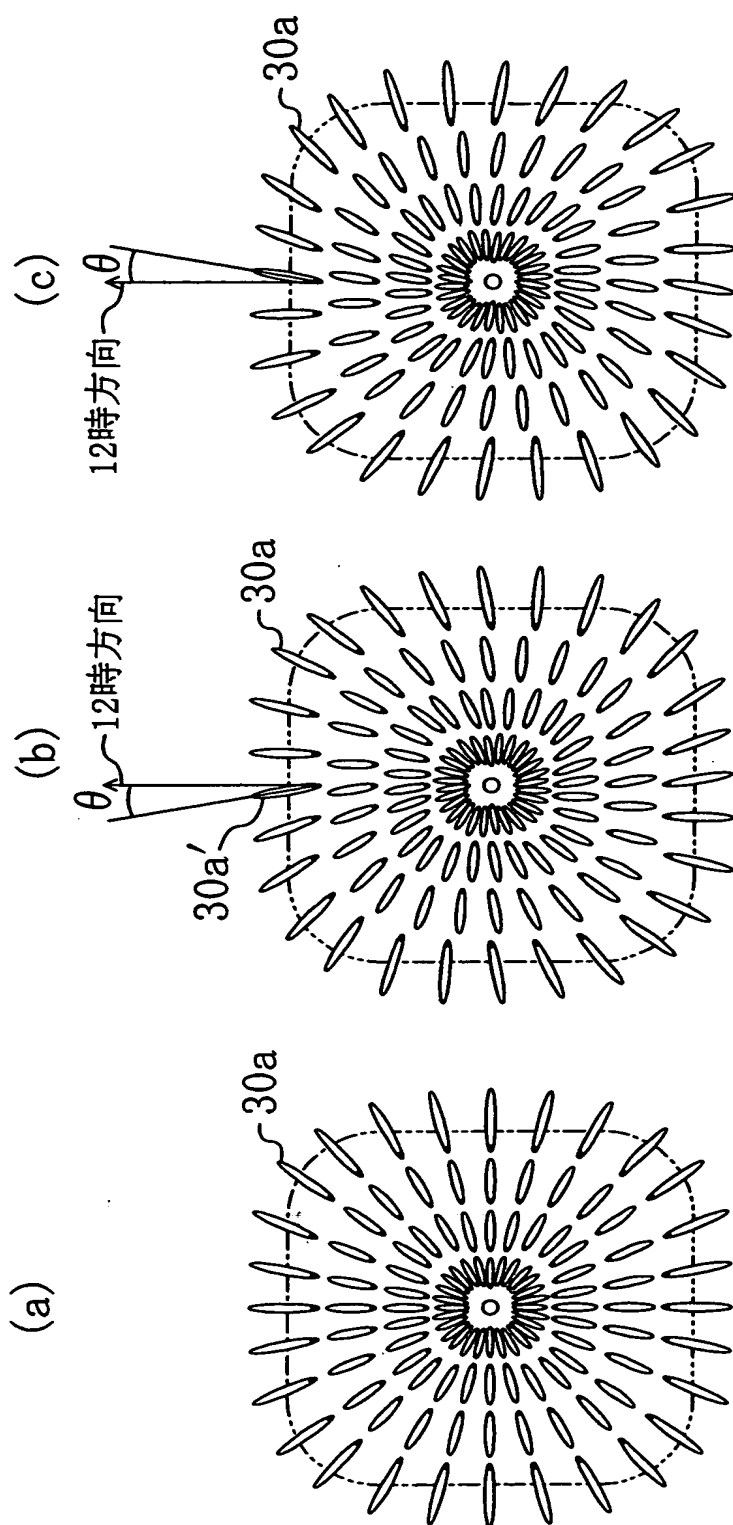
【図 1 7】



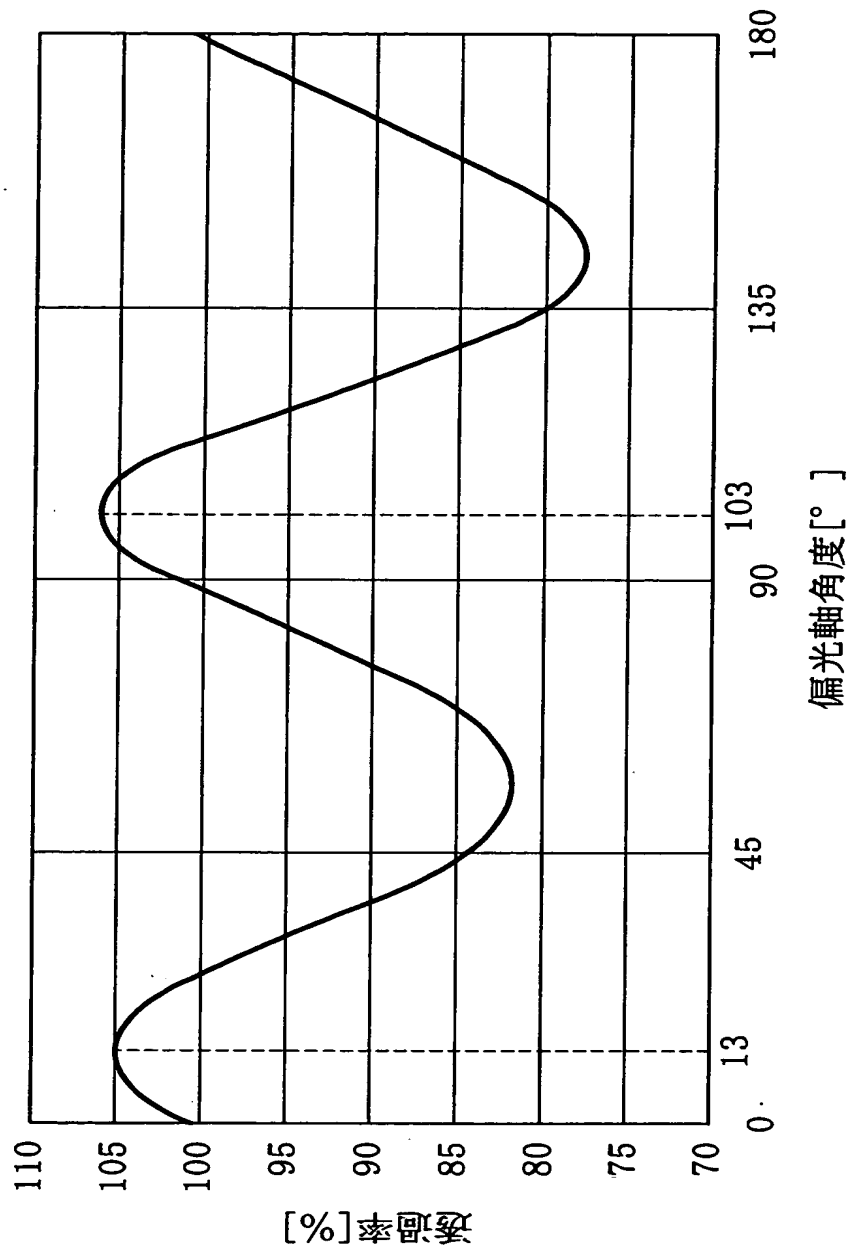
【図 18】



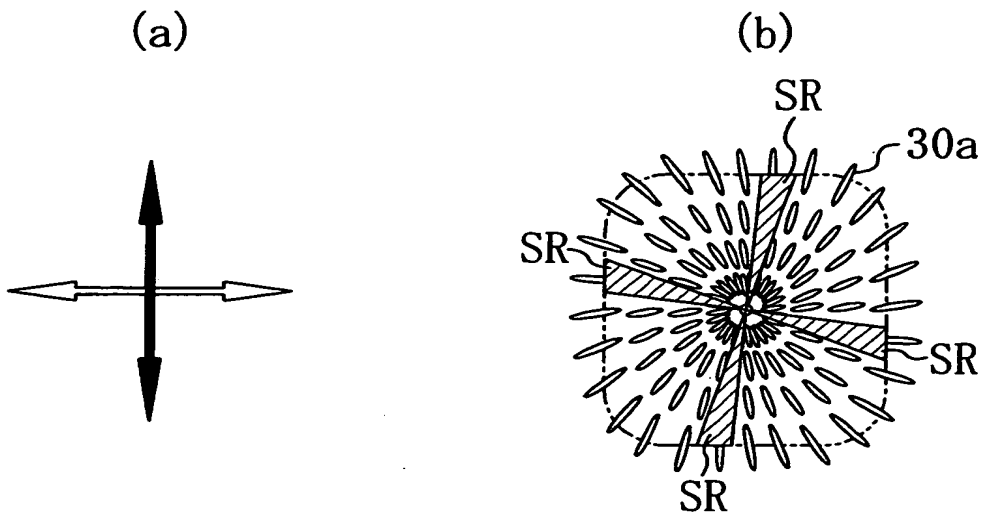
【図19】



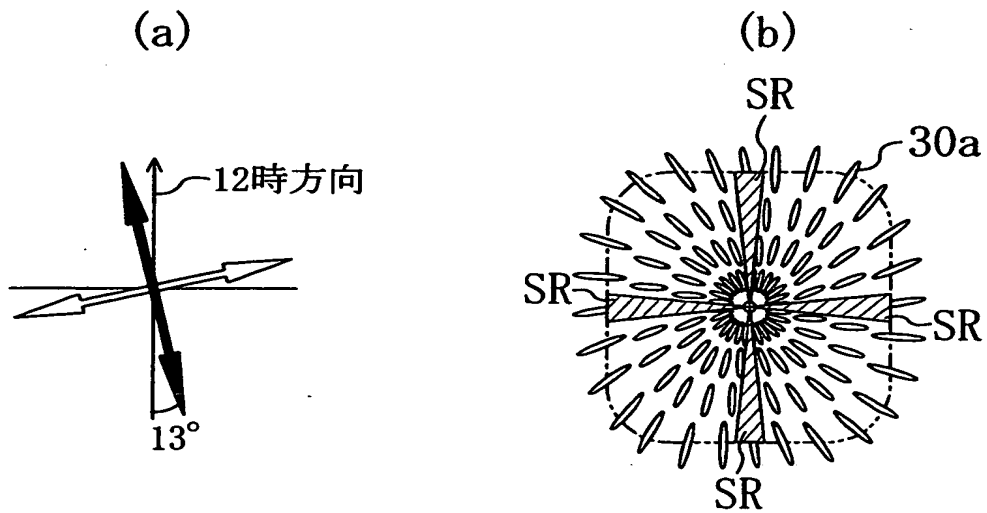
【図 2 0】



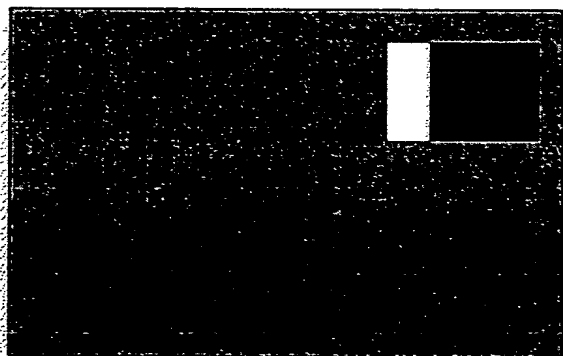
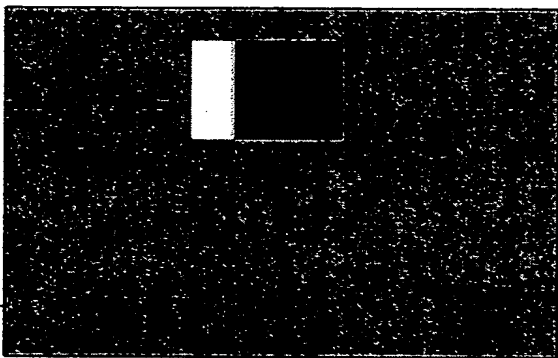
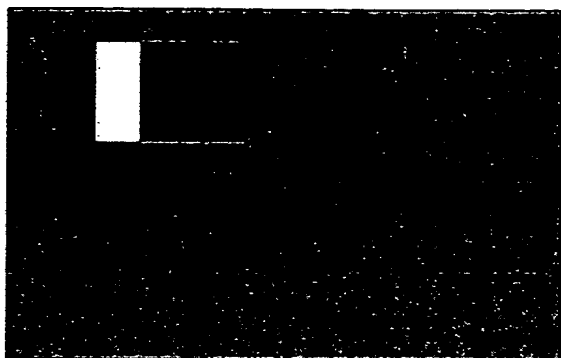
【図 2 1】



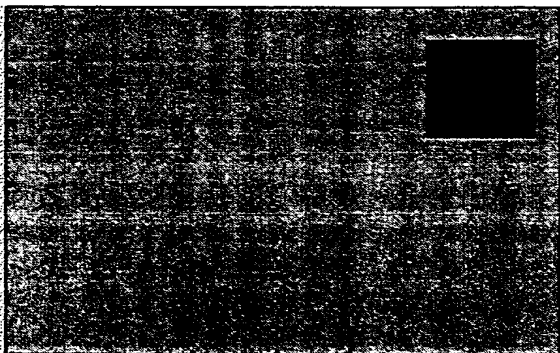
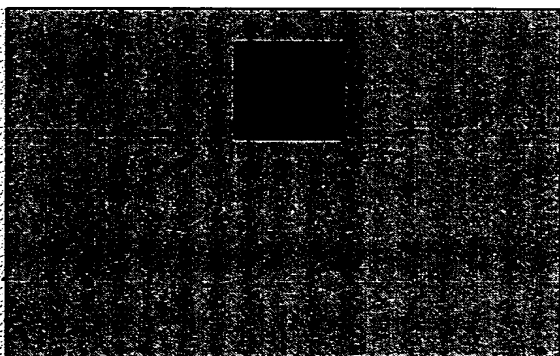
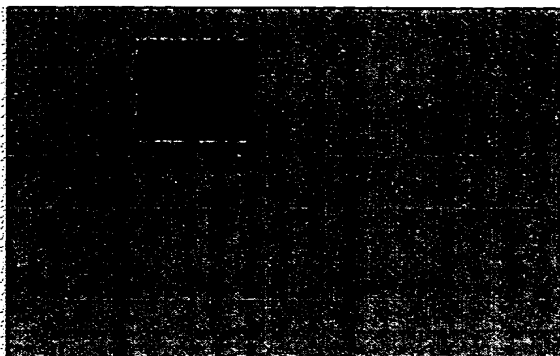
【図 2 2】



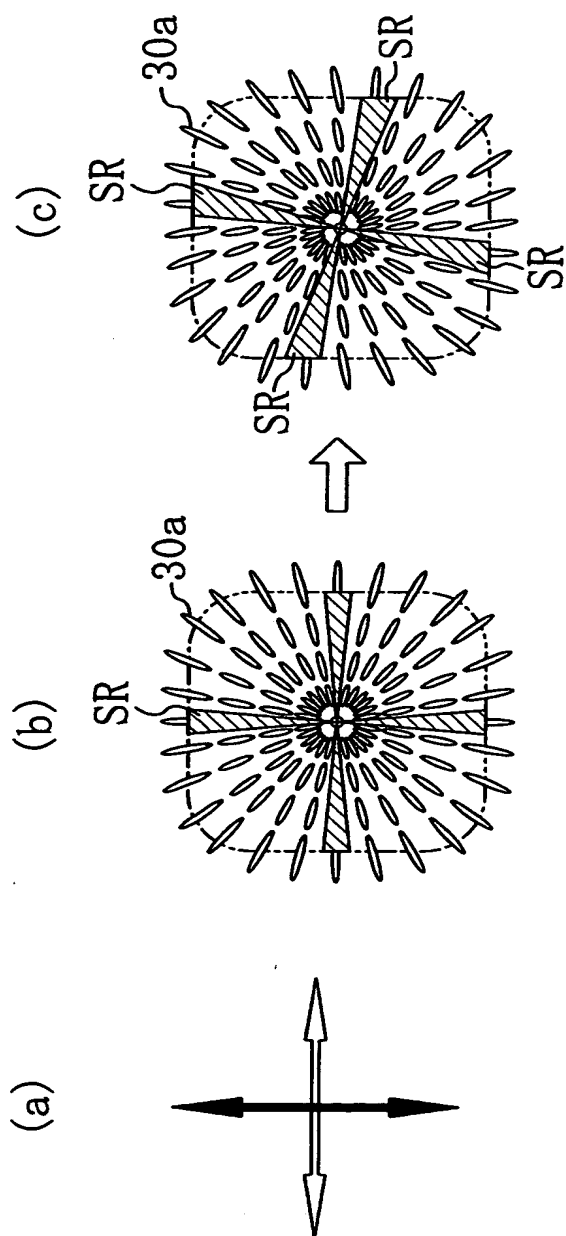
【図 2 3】



【図 2 4】

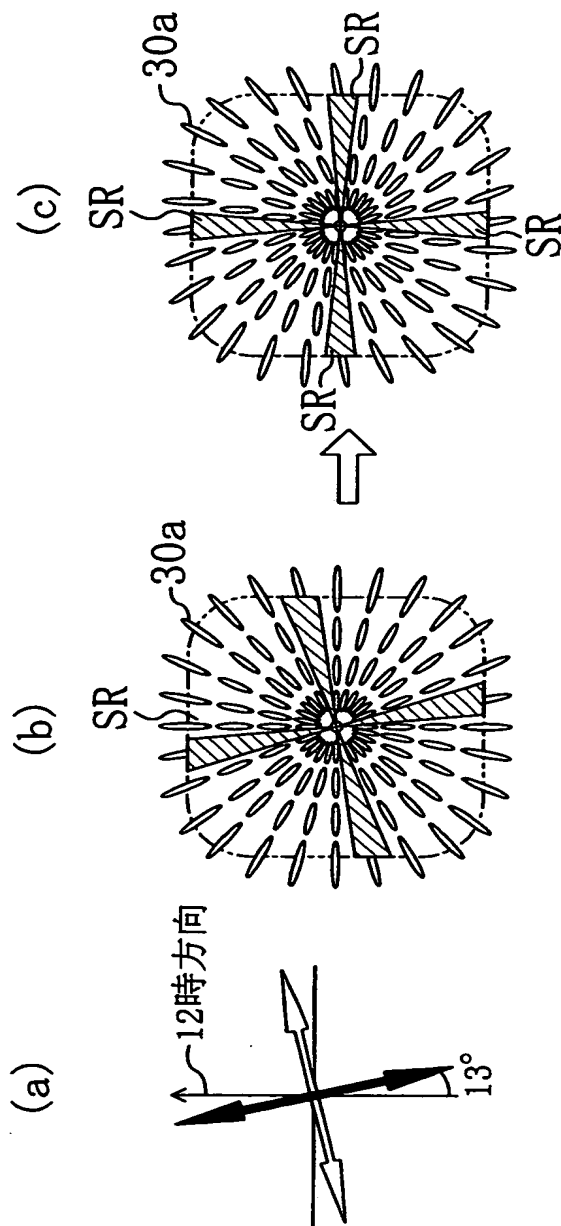


【図 25】

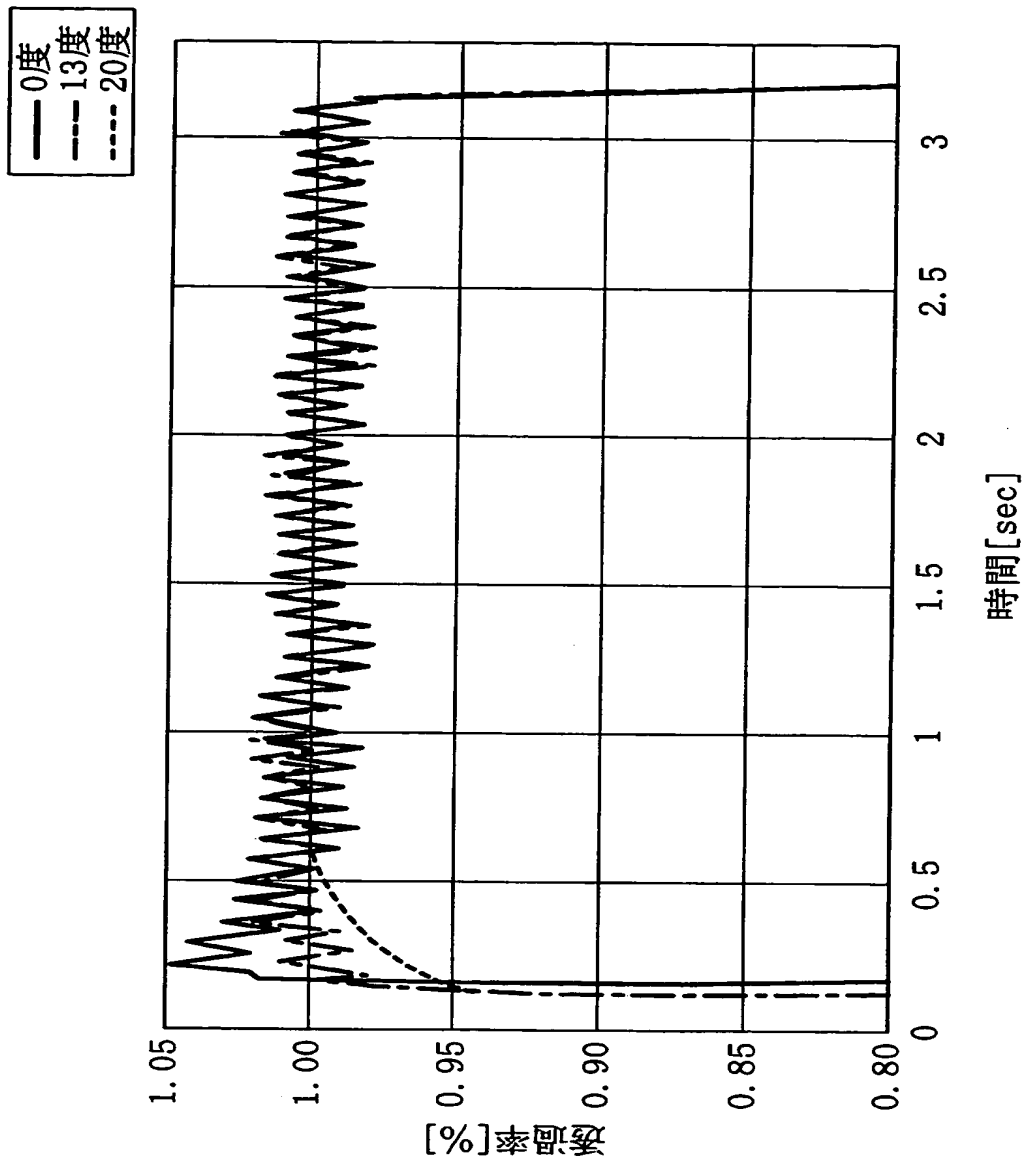




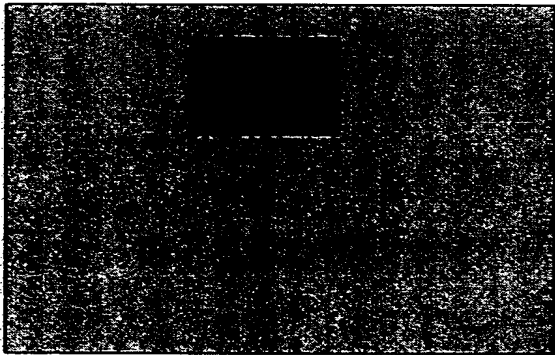
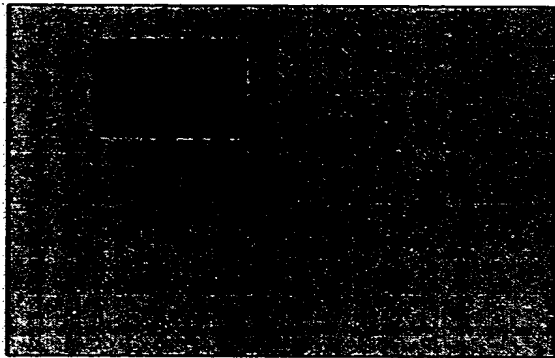
【図 26】



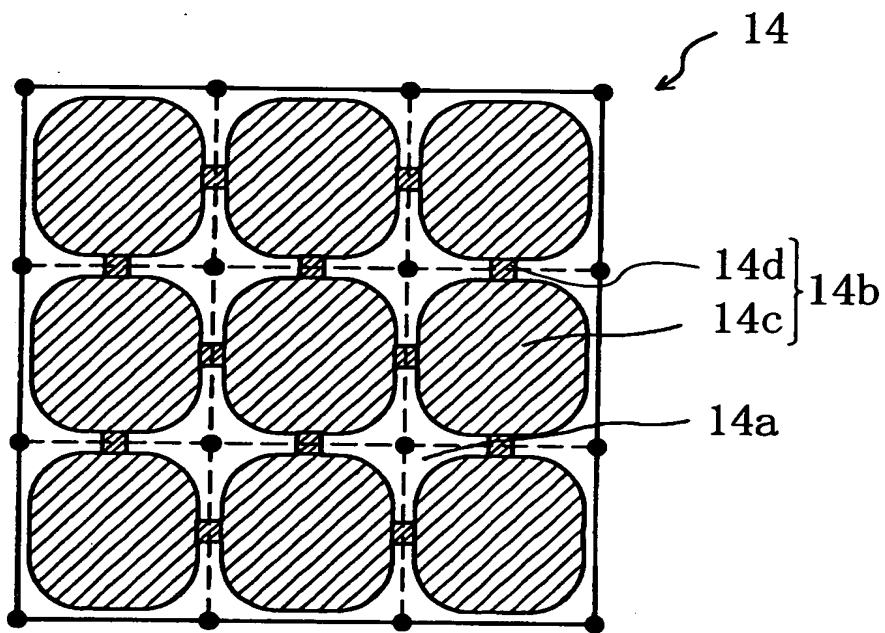
【図 27】



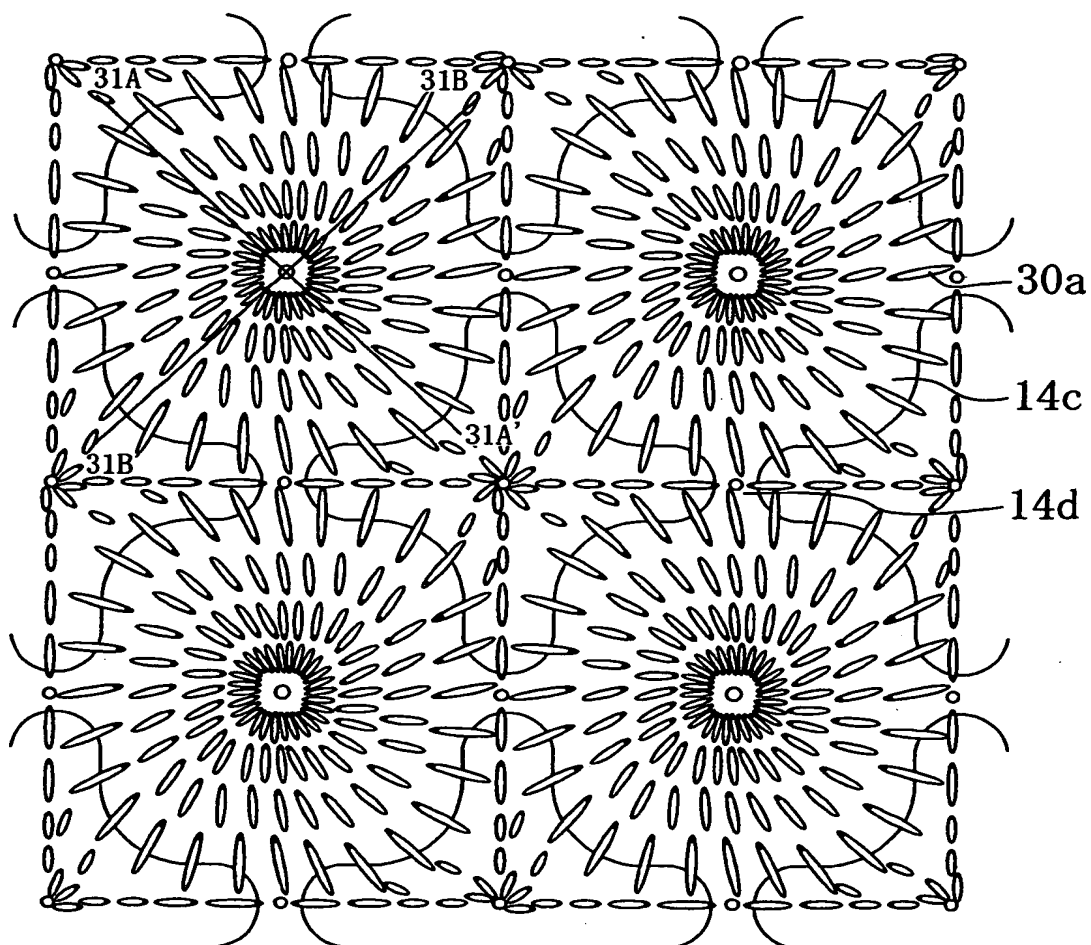
【図 2 8】



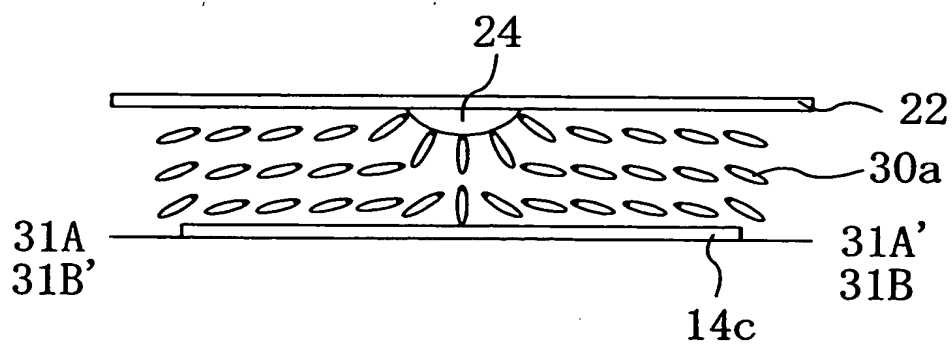
【図 2 9】



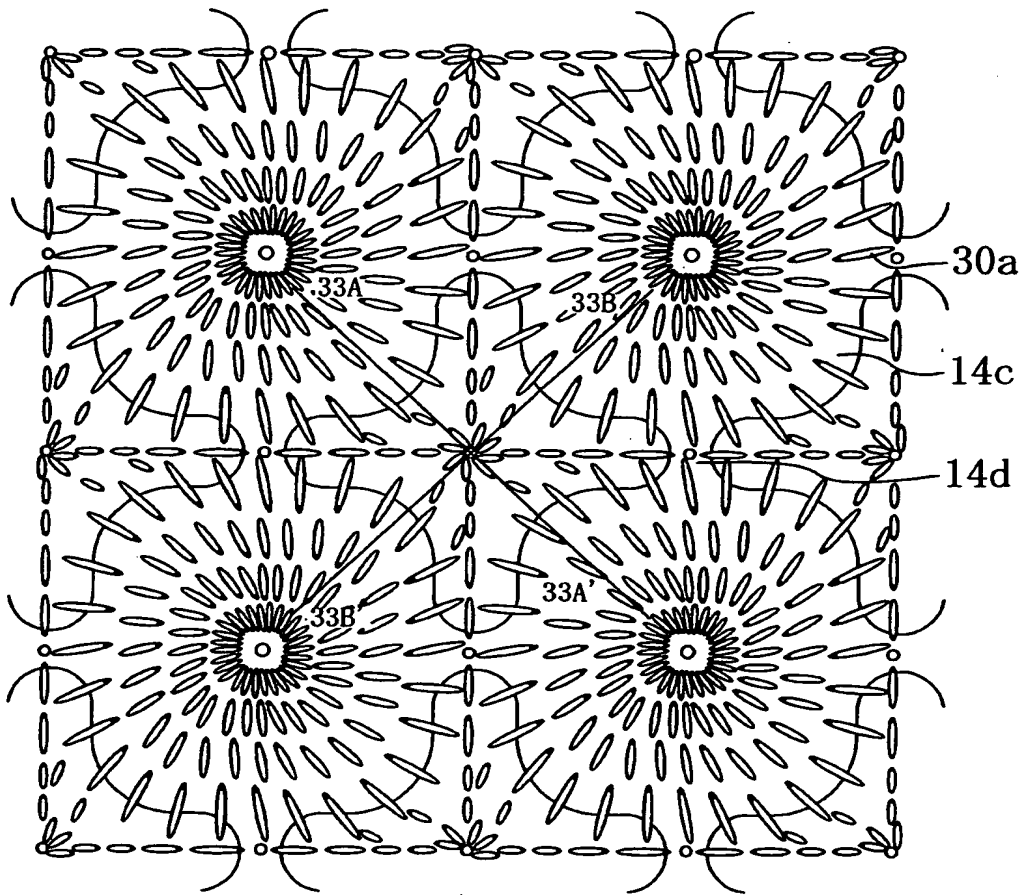
【図30】



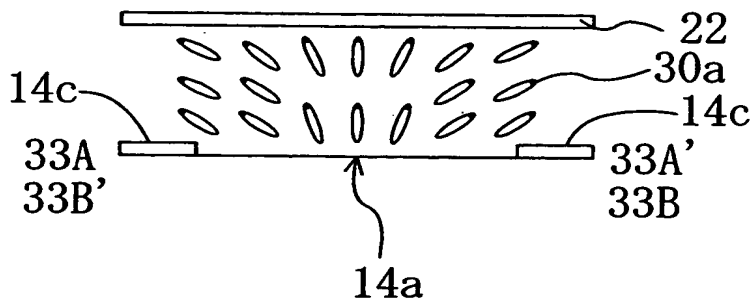
【図31】



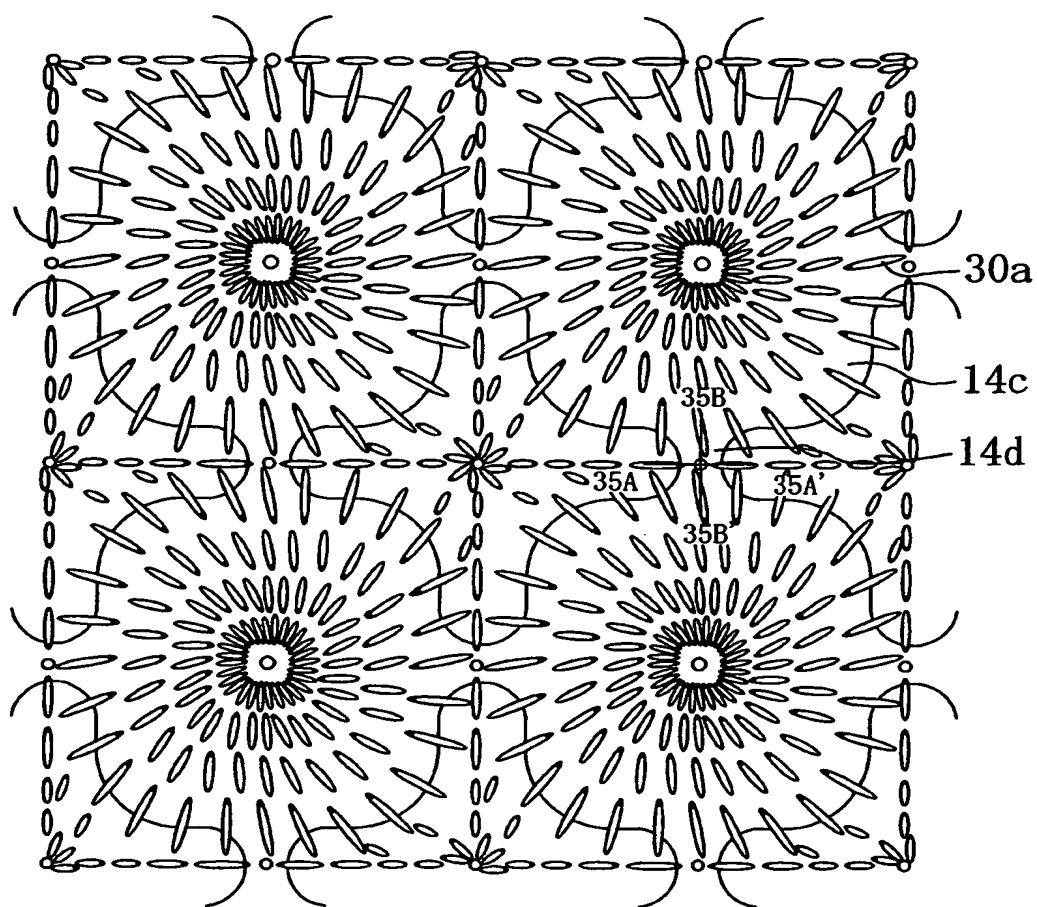
【図 32】



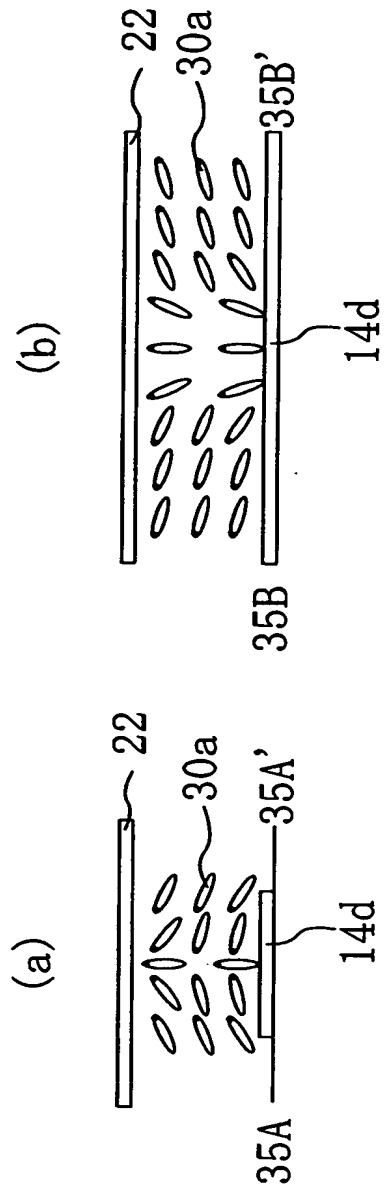
【図 33】



【図 34】

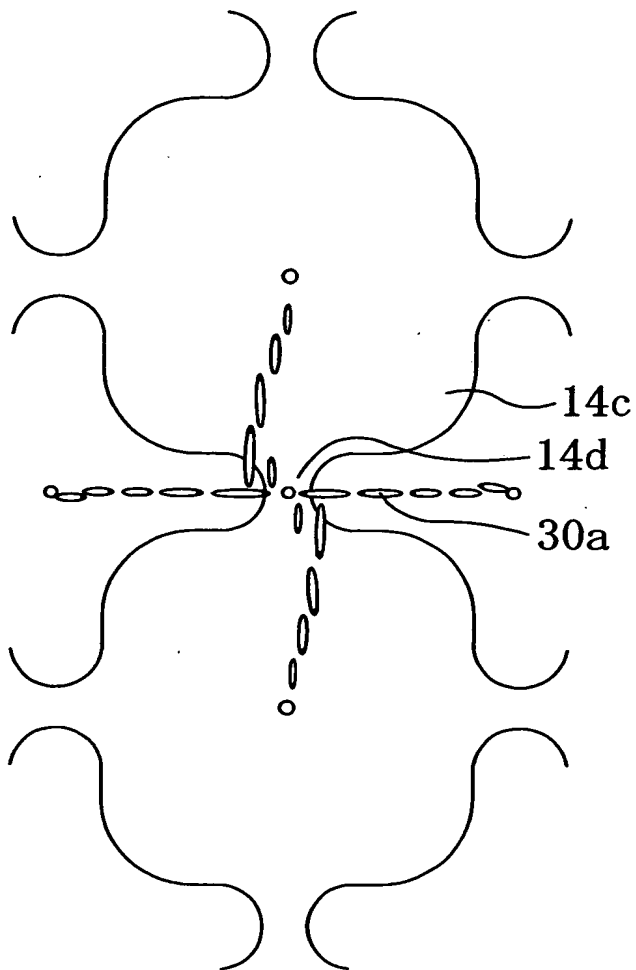


【図 3 5】

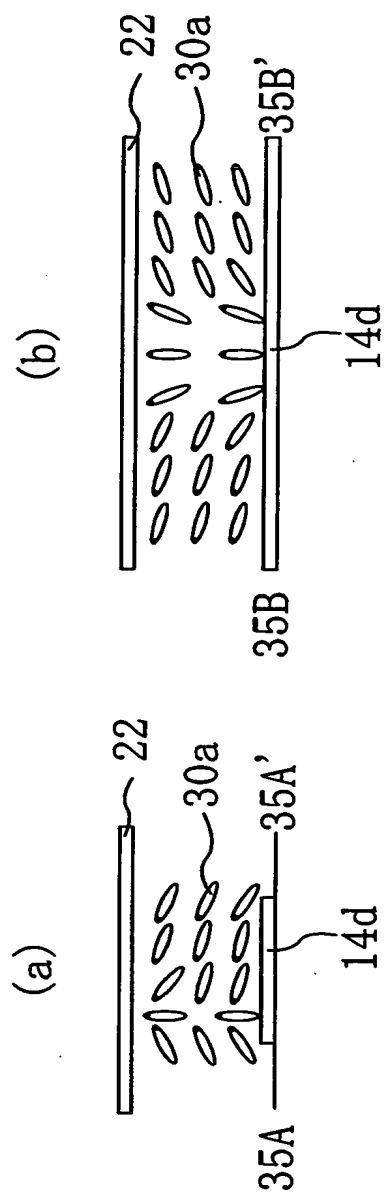




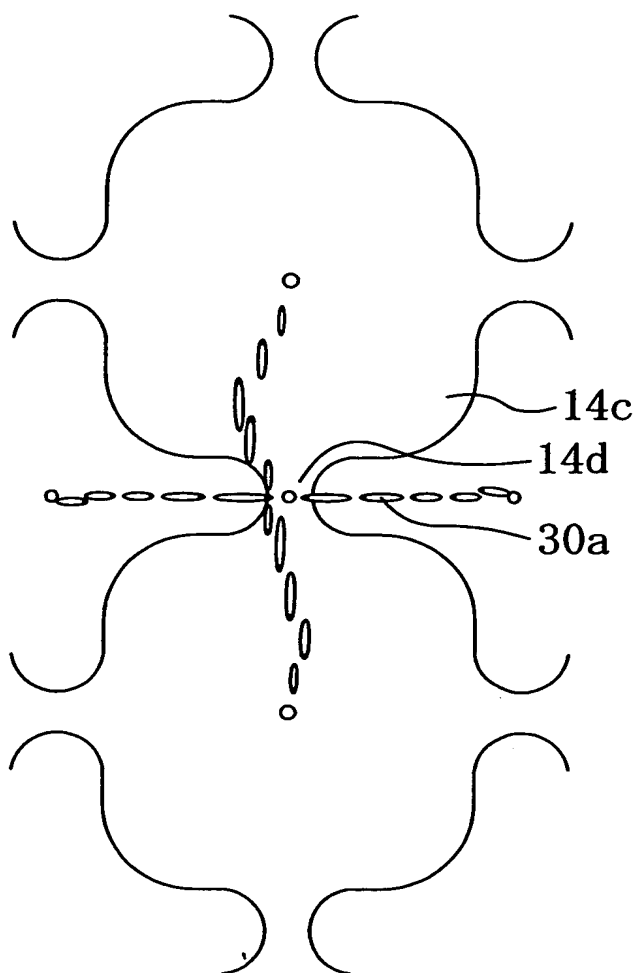
【図 3 6】



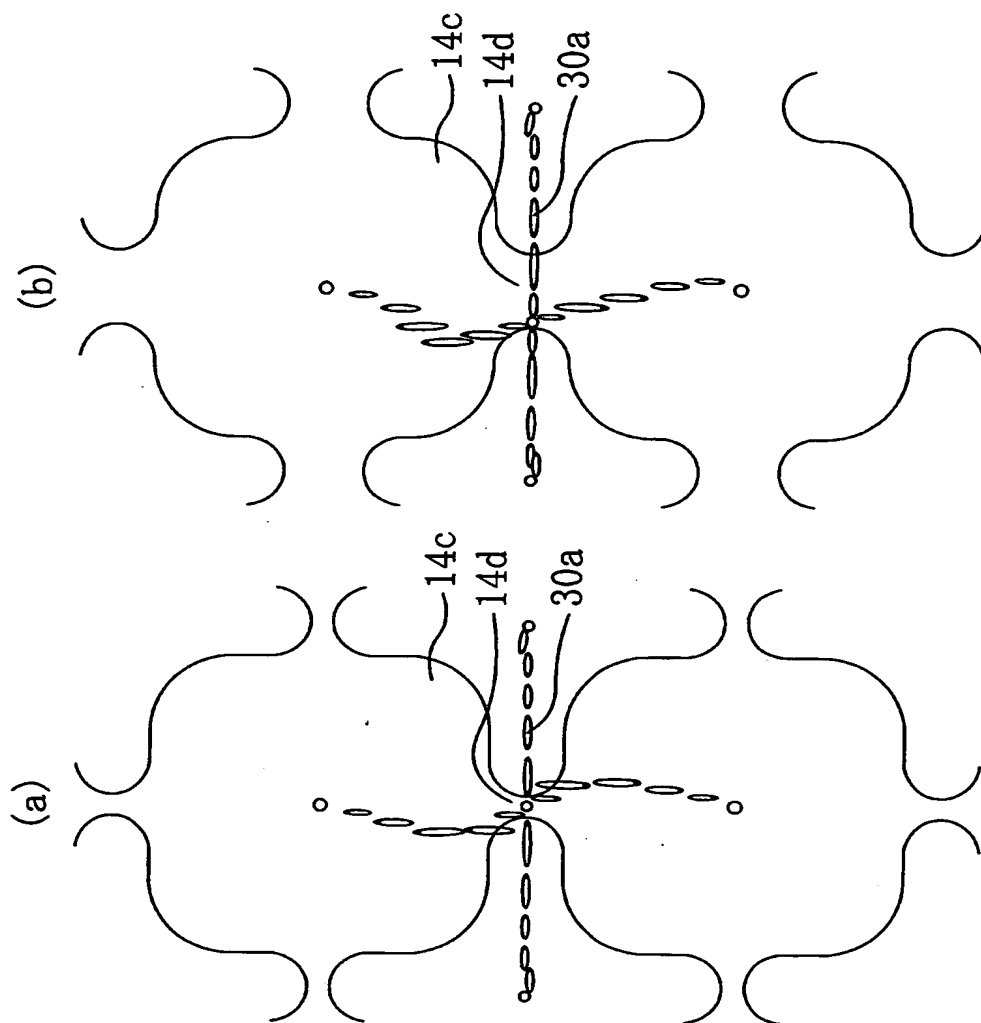
【図 3 7】



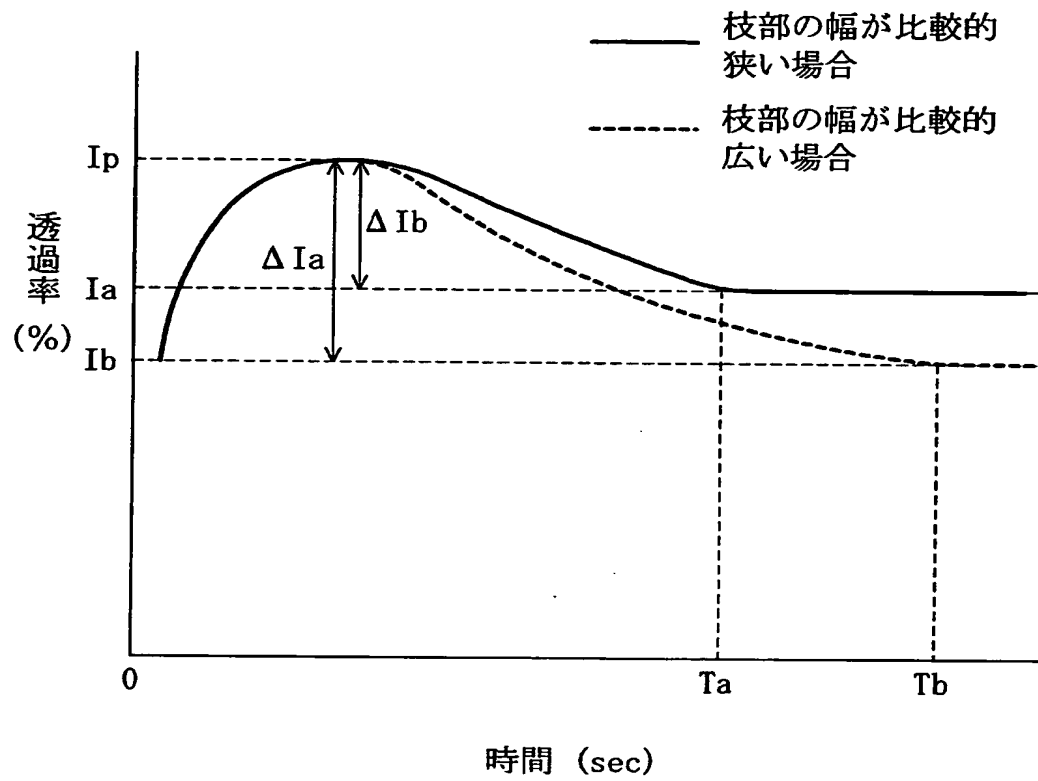
【図 3 8】



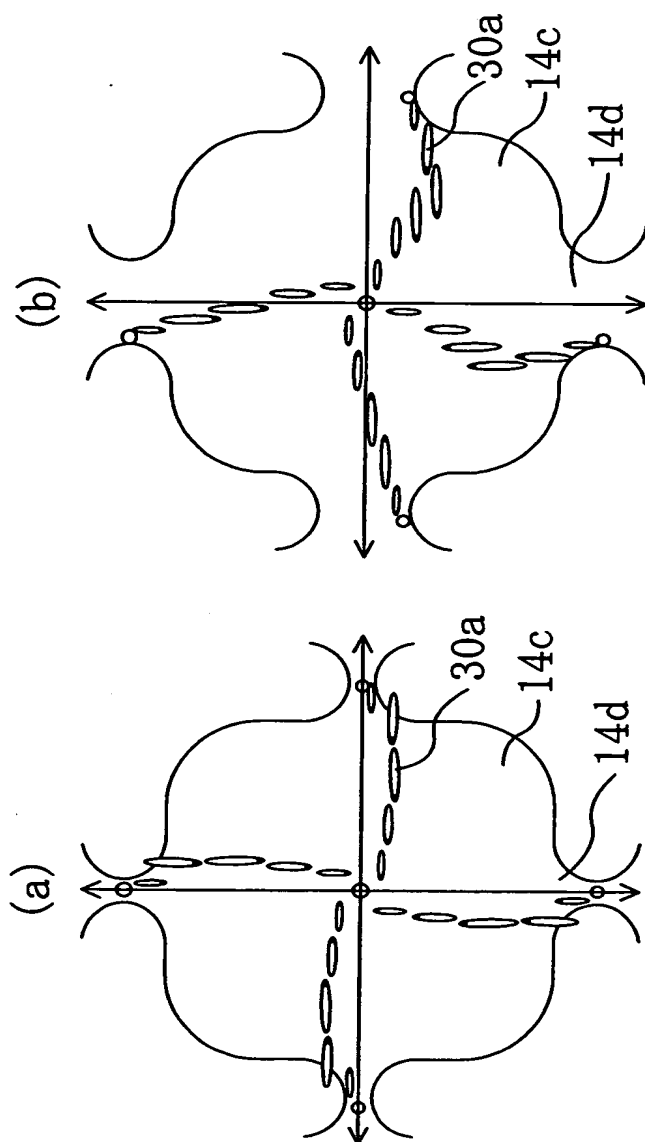
【図 39】



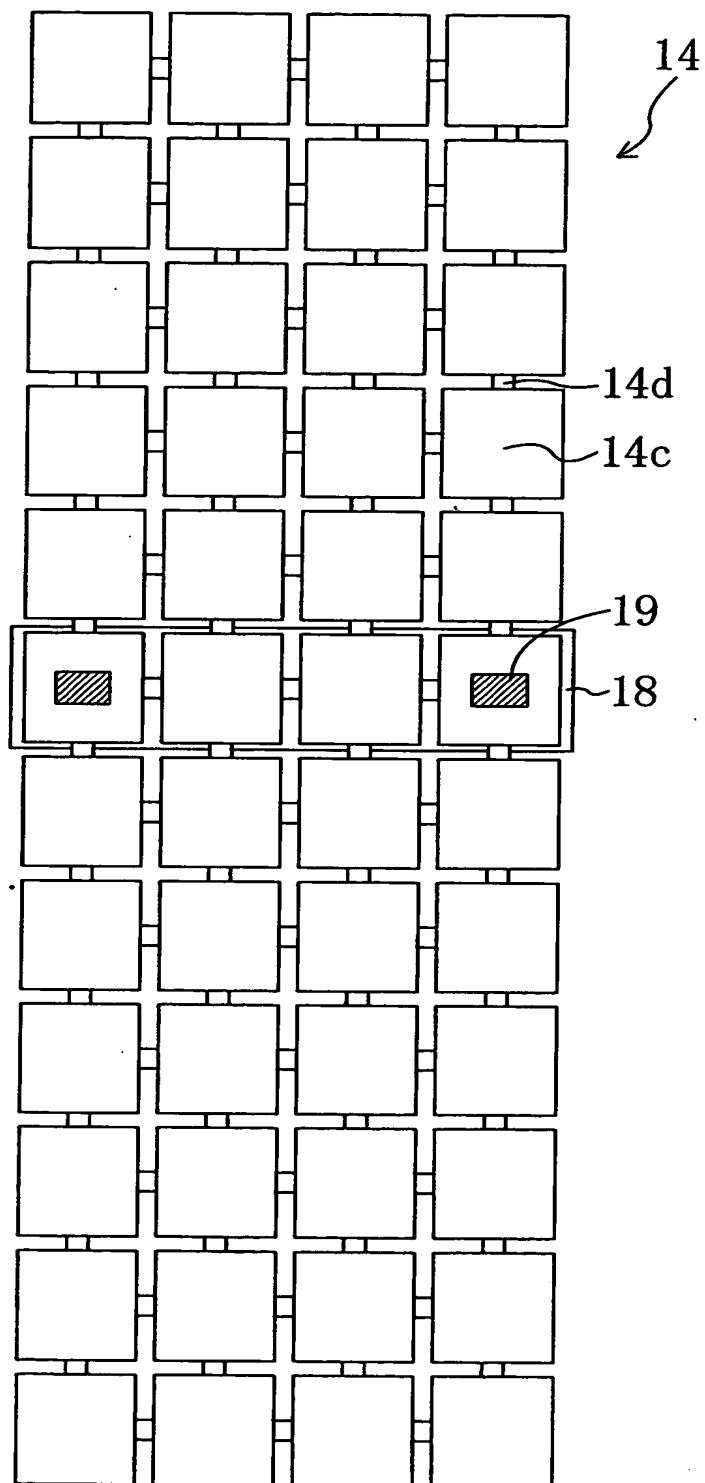
【図 4 0】



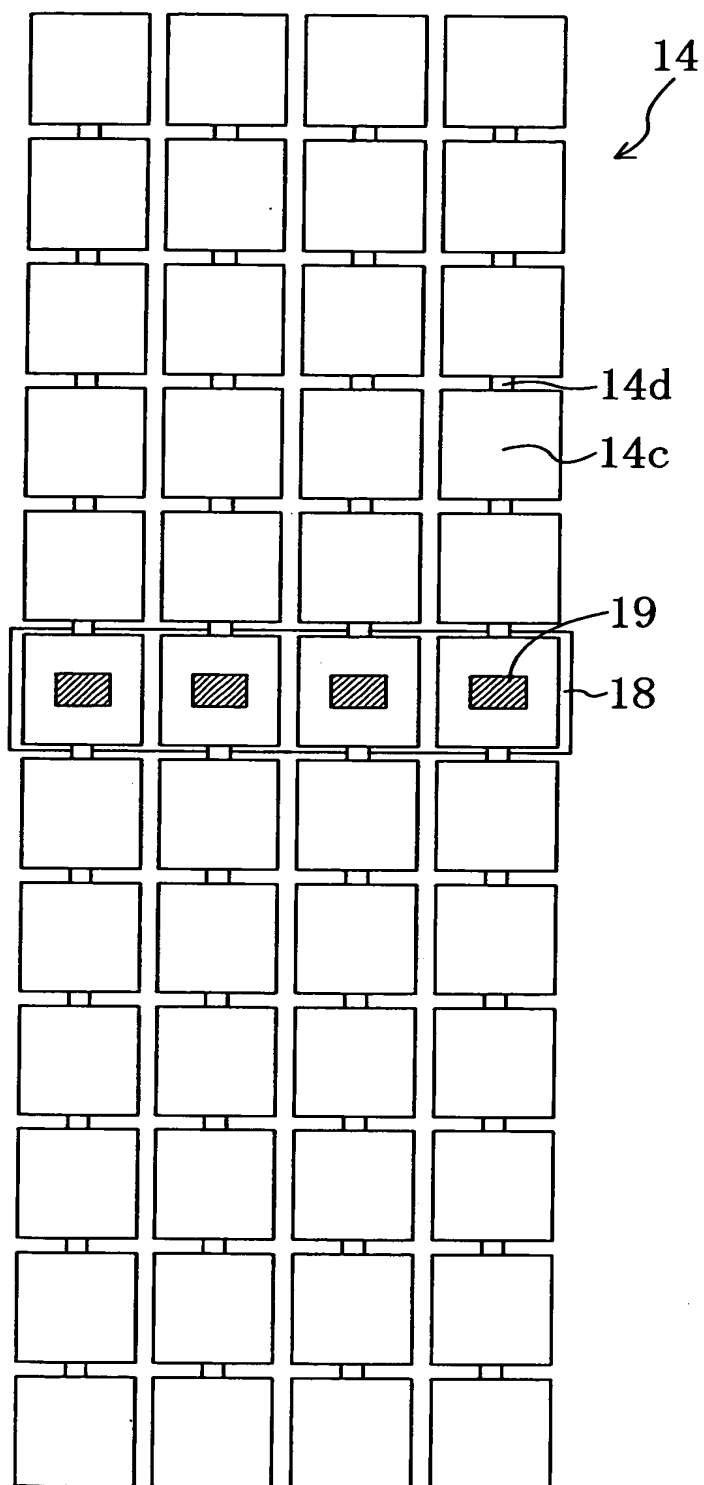
【図 4 1】



【図 42】

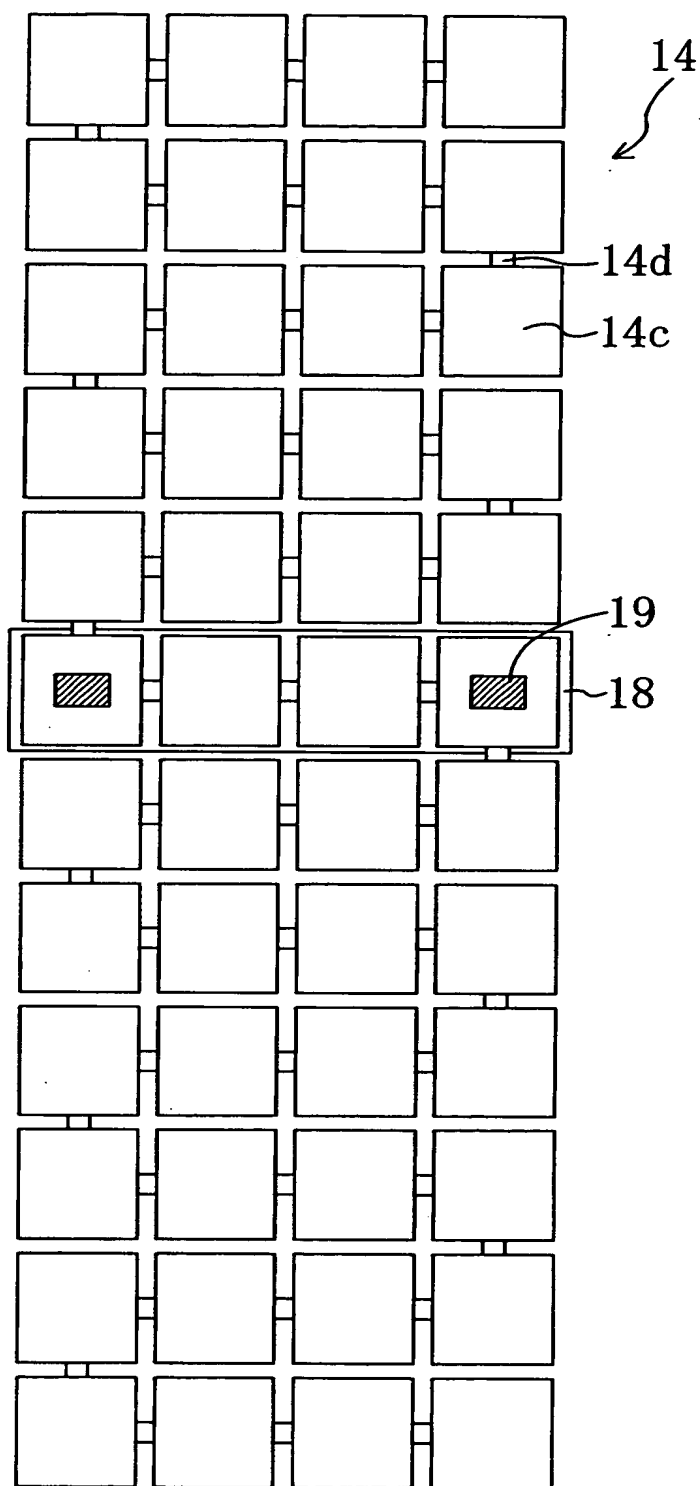


【図 4 3】

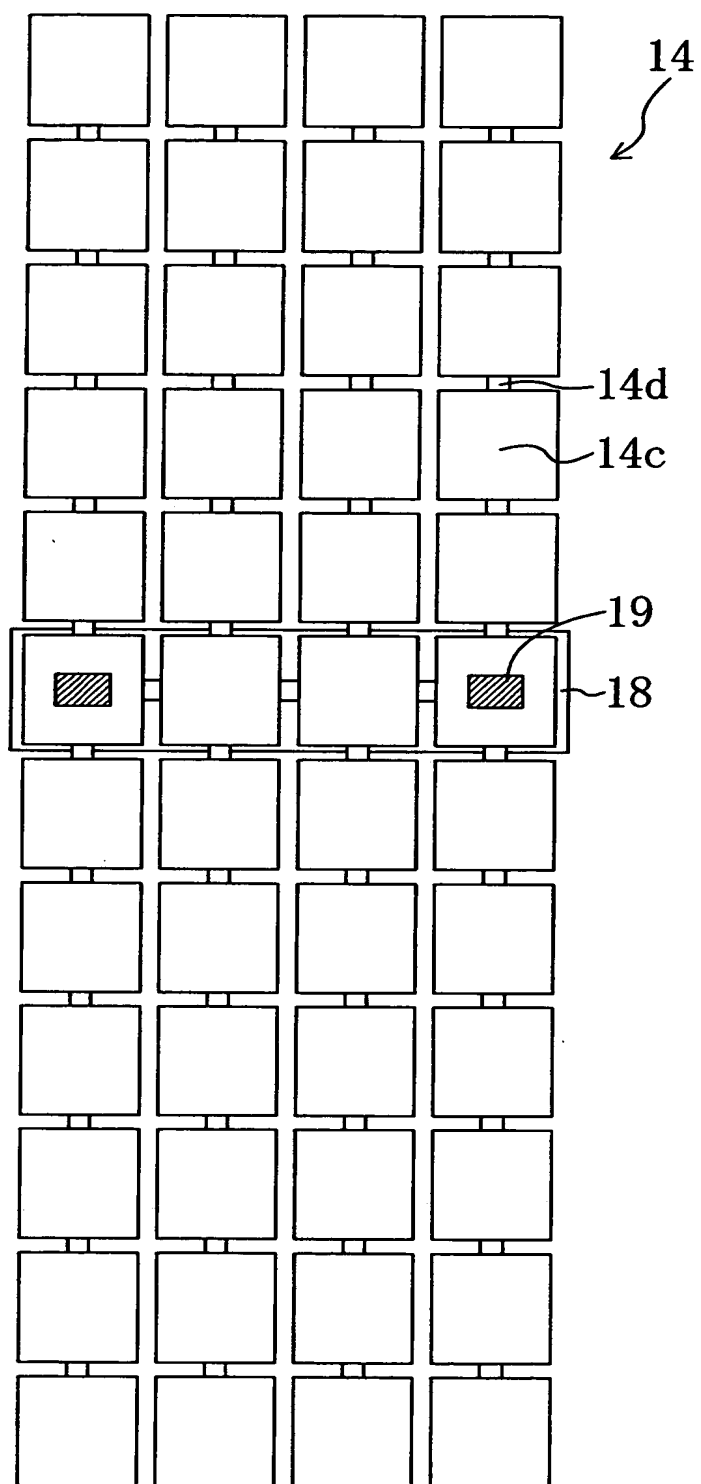




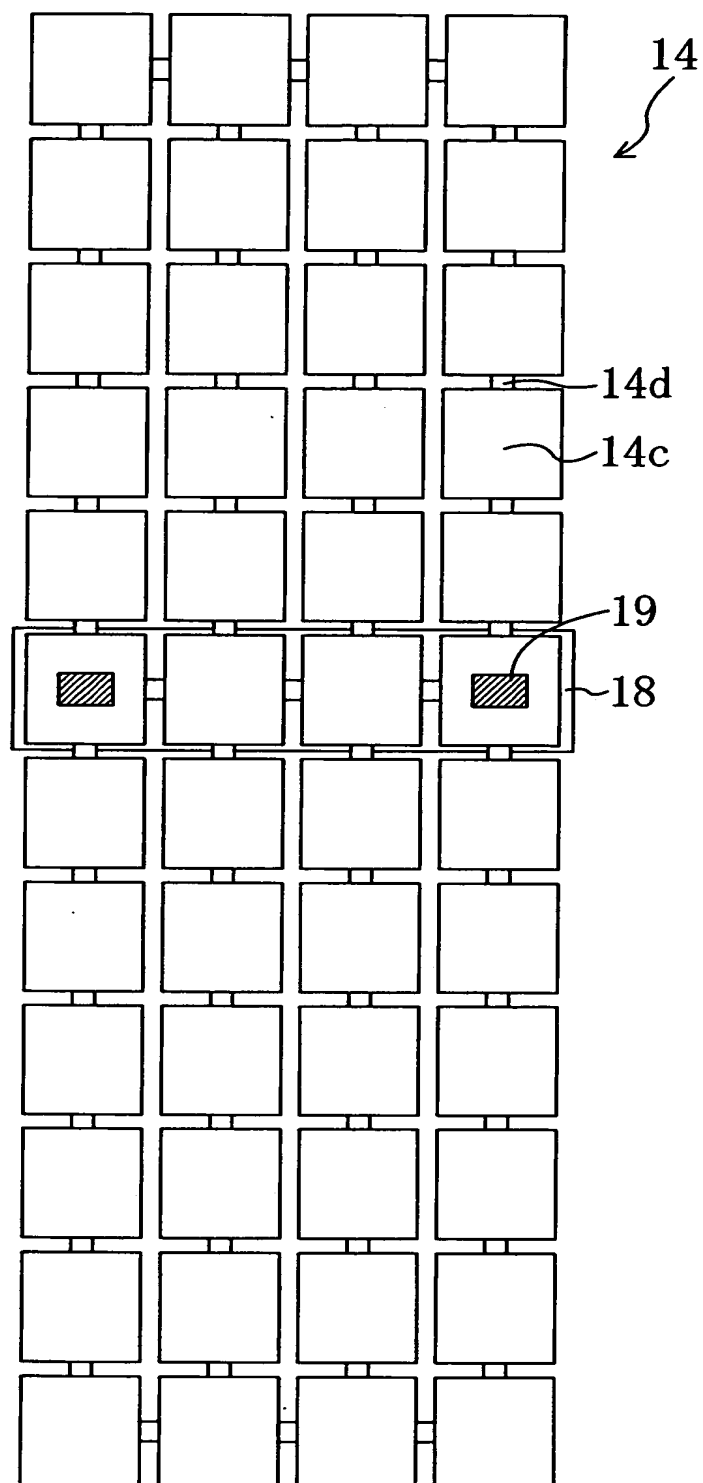
【図 4 4】



【図 45】



【図 46】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 広視野角を特性を有し、表示品位の高い液晶表示装置を提供する。

【解決手段】 第 1 基板の液晶層側に設けられた第 1 電極と、第 2 基板に設けられ第 1 電極に液晶層を介して対向する第 2 電極とによってそれぞれが規定される複数の絵素領域を有する。絵素領域のそれぞれにおいて、第 1 電極は、複数の開口部と中実部とを有し、液晶層は、第 1 電極と第 2 電極との間に電圧が印加されていないときに垂直配向状態をとり、且つ、第 1 電極と第 2 電極との間に電圧が印加されたときに、第 1 電極の開口部のエッジ部に生成される斜め電界によって、複数の開口部および中実部に、それぞれが放射状傾斜配向状態をとる複数の液晶ドメインを形成する。印加された電圧に応じて複数の液晶ドメインの配向状態が変化することによって表示を行う。開口部に対応する液晶ドメインも表示に寄与する。

【選択図】 図 1

特 2 0 0 1 - 2 1 9 6 3 2

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [ 0 0 0 0 0 5 0 4 9 ]

1. 変更新月日	1 9 9 0 年 8 月 2 9 日
[変更新理由]	新規登録
住 所	大阪府大阪市阿倍野区长池町 2 2 番 2 2 号
氏 名	シャープ株式会社